nature
الطبعة العربية
الدورية العالمية للعلوم

قضية مشتعلة

زيادة حرائق الغابات تُهدِّد بتحويل الغابات الشمالية من مصارف للكربون إلى مصادر لانبعاثات غازات الدفيئة.

صفحة 46، 55

تعلُّم الآلة

تقصِّي الأوراق البحثية

التنقيب في النصوص يكشف عن الخصائص المجهولة للمواد

صفحة 43

علم الأحياء المجهرية

بيئة معقمة

المشيمة البشرية خالية من البكتيريا

صفحة 54

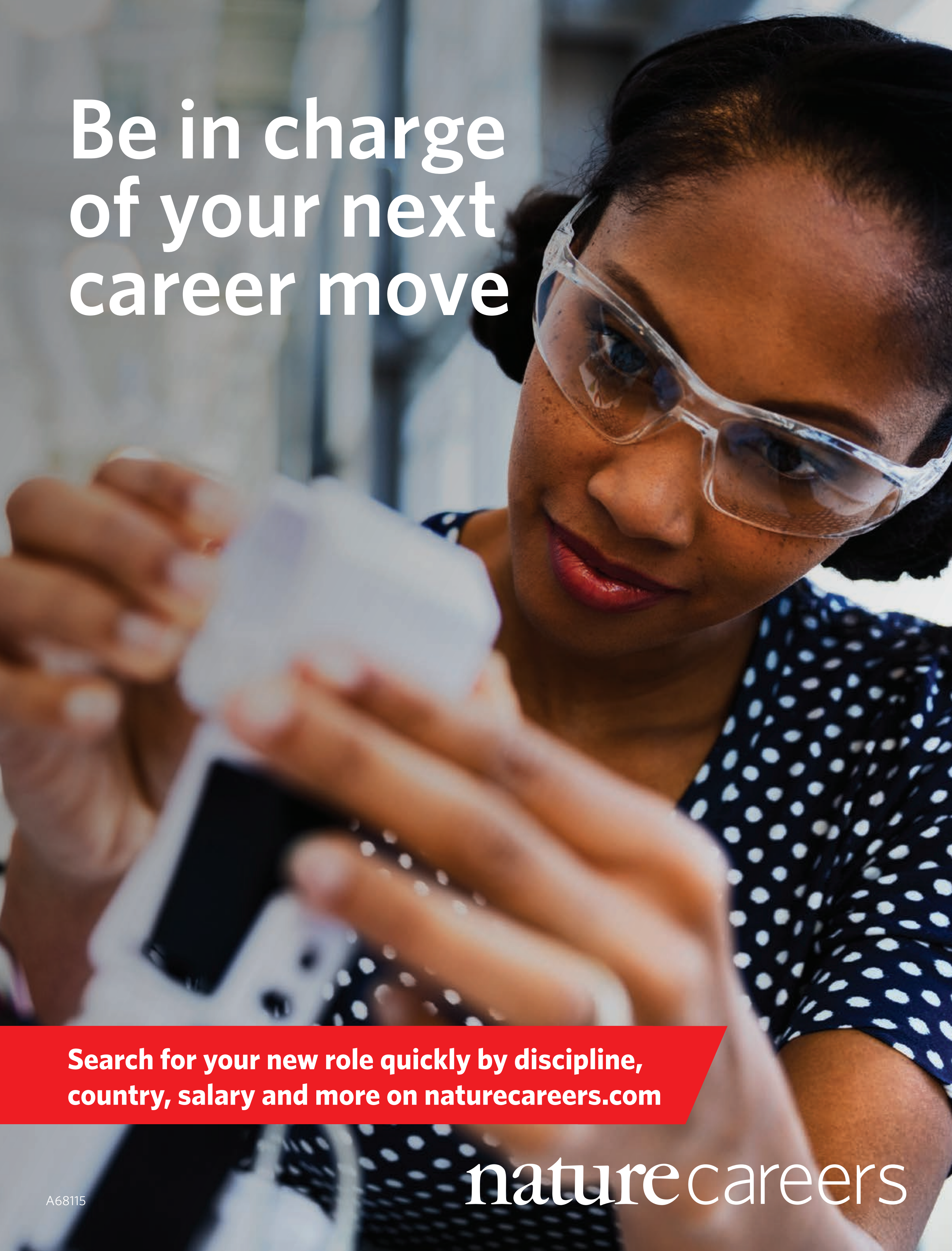
علم الاجتماع

مسرح الكراهية

الديناميكيات التي تقود العَدَاء على منصّات التواصل الاجتماعي

صفحة 57

ARABICEDITION.NATURE.COM
سبتمبر 2019 / السنة السابعة / العدد 60
ISSN 977-2314-55003



Be in charge of your next career move
Search for your new role quickly by discipline, country, salary and more on naturecareers.com
nature careers
A68115

nature

سبتمبر 2019 / السنة السابعة / العدد 60





مدير تطوير الأعمال: جون جيولياني
(j.giuliani@nature.com)
التسويق: عادل جهادي (a.jouhadi@nature.com)
Tel: +44207 418 5626

NATURE ARABIC EDITION [ONLINE]

arabicedition.nature.com

للاتصال بنا:

للتواصل مع المحررين: naturearabic@nature.com

Macmillan Egypt Ltd.
3 Mohamed Tawfik Diab St.,
Nasr City, 11371
Cairo, Egypt.
Email: cairo@nature.com
Tel: +20 2 2671 5398
Fax: +20 2 2271 6207

Macmillan Dubai Office
Dubai Media City
Building 8, Office 116,
P.O.Box: 502510
Dubai, UAE.
Email: dubai@nature.com
Tel: +97144332030

NAE Riyadh office
Leaders Tower 1,
7853 takhassusi,
Al Olaya, Riyadh
12333 3214,
Saudi Arabia.

رسالة رئيس التحرير

إطلالة على آفاق العلوم

أهلًا بكم في عدد ربع سنوي جديد من دورية «*Nature* الطبعة العربية»، حيث نعرض لكم مختارات من أهم ما نُشر في دورية *Nature* الدولية في أعدادها المنشورة في الفترة من يوليو إلى سبتمبر 2019، حيث يضم هذا العدد بين جنباته إضاءات على آفاق تقدم العلوم.

يَصْدر هذا العدد بعد انعقاد قمة المناخ في نهاية شهر سبتمبر في نيويورك، حيث نظر قادة العالم خلالها في آخِر النتائج التي توصلت إليها الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. كما شهد الربع الثاني من العام سلسلة من الحرائق في غابة الأمازون المطيرة، وانطلاق نداءات دولية لإنقاذ ما أَطلق عليه البعض "رئة العالم". ومن هنا، جاء اختيار غلاف العدد الذي يعرض أحد حرائق الغابات، ولكنْ هذه المرة في شمال كندا، حيث كشف بحث منشور في قسم «ملخصات الأبحاث» عن أن الكربون المُخزَّن في الطبقات العضوية لتُرَب الغابات الشمالية لمئات السنين قد ينبعث في الغلاف الجوي مع زيادة وتيرة الحرائق الهائلة، الناتجة عن الاحترار العالمي، كما نقرأ تحليلًا لهذا البحث في قسم «أنباء وآراء».

وفيما يتعلق بباقي أقسام هذا العدد، نتناول في قسم «أخبار في دائرة الضوء»، وتحت عنوان «باحثو الإيبولا يفتشون عن علاجٍ في منطقة حرب»، كيف تستمر التجارب الإكلينيكية في جمهورية الكونغو الديمقراطية في محاولة للوصول إلى علاج لفيروس الإيبولا، قبل انتقاله عبر الحدود، وتَحوُّله إلى وباء عالمي، كما نتعرف على جهود عمال الإغاثة والمسعفين لاحتواء الوضع، في ظل أعمال العنف المتواصلة في البلاد. وتحت عنوان «خريطة للسماء.. لرصد تطورات الطاقة المظلمة»، نلقي نظرة على المشروع الأكثر طُموحًا على الإطلاق لالتقاط الأطياف الضوئية القادمة من 35 مليون مجرّة، ووضع تصوُّر لتاريخ تمدُّد الكون، وذلك بهدف توضيح طبيعة الطاقة المظلمة، تلك القوة الغامضة التي تدفع تمدُّد الكون إلى التسارع بمعدلاتٍ أكبر من أي وقتٍ مضى.

وفي قسم «التحقيقات»، وتحت عنوان «هل ترجح كفة البشر أم كفة الأرض؟»، نتعرف على جهود باحثين؛ للبحث عن علامات تشير إلى بداية عصر الأنثروبوسين، أو عصر التأثير البشري على البيئة، الذي تَجْرِي دراسة إدراجه ضمن المقياس الزمني الجيولوجي. وتشمل هذه العلامات: المخلفات النووية، والتلوث الناجم عن الزئبق، وغير ذلك من علامات تشير إلى الكيفية التي غيَّر بها البشر وجهَ الكوكب. وفي تحقيق آخر، وتحت عنوان «التحكم في التطور»، نحاول الإجابة عن عدد من الأسئلة التي تثيرها تقنية الدفع الجيني، التي تحمل بين طياتها طموحات وآمال عريضة، والتي قد تغيِّر جينوم نوع بأكمله، وذلك قبل إطلاق تلك الأنواع في البرية.

وفي قسم «التعليقات»، وتحت عنوان «أعيدوا تسمية متلازمة سرطان الثدي لتساعدوا في إنقاذ الأرواح»، يحاجج كولن سي. بريتشارد بأنّ الأفراد من جميع الأجناس قد يَحمِلون جينات خطيرة، يُفترض عادةً أنّ تأثيرها يقتصر على النساء فقط. وقد يساعد طرح تسمية جديدة للمرض على الوقاية من السرطان، وعلاجه.

وفي قسم «كتب وفنون»، وتحت عنوان «التمييز العنصري والمنافسة»، تُقدِّم أنجيلا سايني تقييمًا لكتاب «ما وراء البشرة»، الذي يوضح كيف أن الممارسات العلمية السيئة لا تزال قائمة في مجال الرياضة، واختبارات نسبة الذكاء، وغيرهما من المجالات. وفي القسم نفسه، وتحت عنوان «الخيانة، والقنبلة»، تُقدِّم آن فينكباينر عرضًا شيقًا لكتاب فرانك كلوز «ترينيتي»، الذي يتناول فيه قصة حياة كلاوس فوكس - العالِم الذي أرسل أبحاث أسلحة نووية إلى السوفيت – من زاوية مختلفة عن جميع ما كُتب عنه من قبل.

ولأنّ أفريقيا، التي يقطنها 1.3 مليار نسمة، يوجد بها بعضٌ من أكثر الموارد المادية والفكرية وفرةً في العالم؛ لذا.. ينبغي لأيّ رؤيةٍ عالمية لمستقبَل العِلْم أن تشمل هذه القارة. ومن هذا المنطلق.. أجرت دورية *Nature*، تحت عنوان «تحوُّلٌ قارِّي» حوارًا مع سبعة باحثين أفريقيين عن مِهَنهم العلمية، ورؤيتهم للعلم في القارة، سواء مكثوا في أوطانهم ، أم انتقلوا خارجها من أجل العمل والدراسة.

وفي قسم «أنباء وآراء»، يستعرض أولكسندر إساييف بحثًا، استخدم فيه الباحثون الخوارزميات الحاسوبية لتحليل النصوص؛ بغرض العثور على العلاقات الدلالية بين الكلمات، دون تدخُّل بشري؛ لتحديد الخصائص غير المذكورة للمواد المشار إليها في الأوراق العلمية، وذلك تحت عنوان «التنقيب في النصوص يرسم ملامح الاكتشافات العلمية مستقبلًا».

كما يتناول سيدارث راجو، وتشون جيمي يي، تحت عنوان «كيف تُعبِّر الطفرات عن نفسها»، طريقة للكشف عن الطفرات، وقياس مستويات التعبير الجيني في الخلية نفسها، تتيح إمكانية دراسة تأثيرات طفرات جينٍ معين على نشوء أحد أنواع سرطان الدم.

رئيس التحرير
علياء حامد

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2019 / السنة السابعة / العدد 59

هـذا الشـهــر

مهن علمية

أخبــار في دائرة الضــوء



تحقيقات



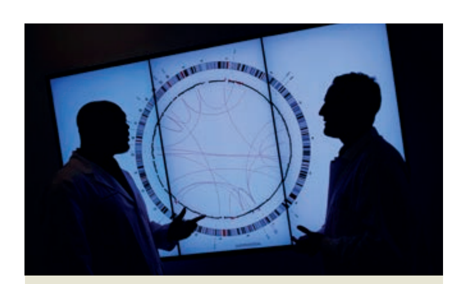
بيولوجيا الخلايا

سيمفونية الخلايا

عالمة أحياء تَستخدِم بيض الحشرات لقلب إحدى نظريات التطور

صفحة 27

تعليقات



تواصل

عن كينج والسرطان

يقول كولن سي. بريتشارد إنّ إعادة تسمية إحدى المتلازمات يمكن أن يساعد على الوقاية والعلاج لجميع الأجناس

صفحة 35

كتب وفنون

مستقبليات



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

المحتويات

يونيو 2019 / السنة السابعة / العدد 59

أبحاث

أنباء وآراء





عن الغلاف

قضية مشتعلة

تُعتبر التربة العضوية مصدرًا أساسيًّا لانبعاثات الكربون أثناء حرائق الغابات الشمالية. وتكوِّن التربة التي تتفادى الاحتراق ما يُسمى بـ«مخزون الكربون القديم»، الذي يساعد على جعل هذه الغابات مصارف للكربون الصافي. تَكشِف اكسانتي ووكر، وزملاؤها عن فقدان مخزون الكربون القديم، بعد حرائق الغابات الجافة اليافعة. ويمكن لزيادة حجم ومعدلات حدوث الحرائق وشِدّتها أن تُحوِّل الغابات اليافعة إلى مصدرٍ صافٍ لكربون الغلاف الجويّ، وأن تعبث بتوازن الكربون في الغابات الشمالية.

صفحة 55

ملخصات الأبحاث

COVER IMAGE: DARRYL DYCK/BLOOMBERG/GETTY

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

هـــذا الشهـــر

افتتاحيات

الذكاء الاصطناعي يجب ألا تتأثر اللجنة الدولية للذكاء الاصطناعي بالصناعة أو الحكومات ص. 8

رؤية كونية ادعموا البيانات من أجل بناء أُسس التنمية المستدامة ص. 11



أسرار المايا الهجرات البعيدة ساهمت في الازدهار السكاني ص. 13

بحوث البيانات الرقمية تستوجب موافقة المشاركين فيها

إن مجموعات البيانات مجهولة المصدر (المشفرة) تتزايد، وبات كشف هوية أصحابها أسهل. لذلك.. يجب تحديث إجراءات الموافَقة على المشارَكة في البحوث؛ لحماية الأشخاص من الاستهداف.

في عصرنا الحالي، تتكون البيانات عن الأفراد بالبيانات، أينما ذهبوا. فالبيانات تتدفق من خلال معاملاتهم المالية، وعلى منصات وسائل التواصل الاجتماعي، وأجهزة متابعة الصحة، القابلة للارتداء، وتطبيقات الهواتف الذكية، والمكالمات الهاتفية.

ويأمل الباحثون، عن طريق استغلال مجموعات ضخمة من البيانات الرقمية التي تجمعها شركات الهواتف، وشركات التكنولوجيا، والهيئات الحكومية، في الكشف عن أنماط متكررة في البيانات، وتحسين حياة الأفراد في نهاية المطاف. وتتنوع هذه الدراسات ما بين تحليل لسجلات المكالمات في نيبال الذي أظهر الأماكن التي ارتحل إليها الناس عقب زلزال، بحيث يمكن توصيل المساعدات إليهم، وصولًا إلى تقديرات لمستويات تعرض الأفراد للتلوث، استندت إلى بيانات الموقع المتاحة من خلال تطبيق «خرائط جوجل» Google Maps على الهواتف الذكية. غير أن الجانب الأخلاقي فيما يتصل بكيفية إجراء هذه الأبحاث قد أُولِيَ قدرًا ضئيلًا من الاهتمام. وبوجه خاص، لم يُعْط الكثير من الاهتمام للكيفية التي يتعين بها على من يقدمون بياناتهم إبداء موافقتهم على المشاركة في البحوث.

> "إذا قدَّم المشاركون موافقةً أصلًا، فغالبًا لا يتعدى الأمر وضع علامة في مربع البنود والشروط".

تخضع عادةً المقترحات الخاصة بالبحوث التي تضم بشرًا للتدقيق، اعتمادًا على إرشادات توجيهية تستمد جذورها من قانون نورمبرج لعام 1947، وإعلان وثيقة هلسنكي اللاحق له في عام 1964. وهذه الإرشادات هي مجموعة مبادئ أخلاقية، تمت صياغتها عقب التجارب النازية اللاأخلاقية، التي أُجريت خلال الحرب العالمية الثانية. وتشترط هذه المبادئ على الباحثين الحصول على موافقة طوعية من أولئك الملمِّين بموضوع الدراسة بما يكفي؛ لاتخاذ قرار مستنير، سواء بالمشاركة فيها، أم لا، إلا أن الموافقة المستنيرة غالبًا ما تكون غير مطلوبة كشرط من شروط إجراء الدراسات التي تعتمد على بيانات مجمعة، ومجهولة المصدر.

وأحد أسباب عدم طلب هذه الموافقة هو أنه - من الناحية النظرية - لم تعد هذه البيانات مرتبطة بـشخص محدد، لكن في الواقع، تظل هناك مخاطر قائمة، إذ أظهرت دراسات عديدة أنه من الممكن التعرف على هوية الأفراد ضمن مجموعات بيانات مجمعة ومجهولة المصدر. ففي الأسبوع الأخير من شهر يوليو الماضي، كشف باحثون من جامعة إمبريال كوليدج لندن، ومن جامعة لوفان الكاثوليكية في مدينة لوفان لا نوف ببلجيكا، في ورقة بحثية نُشرت في دورية «نيتشر كوميونيكيشنز» *Nature Communications* (L. Rocher *et al*. *Nature Commun*. **10**, 3069; 2019) عن إمكانية إعادة التعرف على هوية الأفراد، حتى عندما تكون مجموعات البيانات مجهولة المصدر، أو عندما تكون البيانات المجمعة غير مكتمِلة.

وأحد الآثار المترتبة على ذلك يتمثل في أن يصبح الأفراد والجماعات المعرضة للخطر – بمن فيهم المهاجرون غير النظاميين، أو المعارضون السياسيون، أو الأفراد من الجماعات العرقية والدينية – معرضين لخطر كشف هويتهم، وبالتالي استهدافهم، من خلال الدراسات القائمة على بيانات رقمية. وقد وصف تحقيق إخباري - نُشِرَ في دورية *Nature* في شهر مايو - أمثلة للعواقب المحتملة غير المقصودة لتتبع أماكن الجماهير، من خلال سجلات مجمعة لمكالمات هاتفية ذات بيانات مجهولة المصدر (انظر: *Nature* **569**, 614–617; 2019).

تقييم المخاطر

تنطبق مخاوف إساءة الاستخدام المحتمَلة أيضًا على البيانات مجهولة المصدر، المُجَمّعة والمستمدة من تطبيقات الهواتف الذكية، أو الشبكات الاجتماعية، أو الأجهزة الإلكترونية القابلة للارتداء، أو صور الأقمار الصناعية. وفي الوقت الحالي، نجد أن حسم القرار بما إذا كانت فوائد الدراسات القائمة على بيانات رقمية تفوق مخاطرها، أم لا هو مهمة تقع – إلى حد كبير – على عاتق الباحثين القائمين على جمع البيانات، وتحليلها، وليس في أيدي الأشخاص الذين يشاركون في هذه الدراسات، دون عِلْم منهم.

تطورت مبادئ نورمبرج وهلسنكي للموافقة المستنيرة؛ بغرض تصحيح هذا الخلل، إلا أن الحصول على الموافقة هو عملية معقدة في ظل حقبة تلال البيانات التي نعيشها. فعلى عكس ما يحدث في معظم الدراسات الطبية الحيوية، من النادر أن يقوم الباحثون الذين يستخدمون مجموعات من بيانات رقمية بجمْع البيانات الأولية بأنفسهم. وبدلاً من ذلك.. تتولى شركات الاتصالات عن بُعْد، وشركات التكنولوجيا، والمؤسسات الوطنية عملية جمع المعلومات، وتتولى أيضًا تحديد ما إذا كانت تسمح بإجراء بحوث على هذه المعلومات، أم لا.

وإذا مُنِحَ الأشخاص الخاضعون للرقابة خيار مشاركة بياناتهم لأغراض بحثية، فموافقتهم يجب أن تكون غير مشروطة نسبيًّا. ويرجع السبب في هذا – جزئيًّا - إلى أن الدراسات القائمة على الكثير من البيانات تبحث عن أنماط غير متوقعة. وإضافة إلى ذلك.. يمكن أن تؤدي هذه الدراسات إلى نتائج أو تطبيقات محتمَلة، لا يمكن التنبؤ بها. على سبيل المثال.. درَس باحثون سجلات هاتفية ذات بيانات مجهولة المصدر، تخصّ ملايين المتصلين في تركيا، لمعرفة ما إذا كان تحديد موقع اللاجئين السوريين، وتتبُّع تنقلاتهم في البلاد يمكن أن يكشفا عن جوانب من حياتهم قد تفيد يومًا ما في اتخاذ تدابير مفيدة، أم لا. ولم يكن باستطاعة الباحثين أن يطلبوا من المشاركين الموافقة على مشارَكة بياناتهم؛ من أجل غرض محدد؛ لأن الباحثين أنفسهم لم يكونوا على علم بالاتجاه الذي ستقودهم إليه دراساتهم.

في الولايات المتحدة، يُسمح بإجراء دراسات تَستخدِم بيانات مُجَمّعة مجهولة المصدر، بموجب بند "الموافقة الشاملة" المدرَج تحت القاعدة المشتركة Common Rule، وهي السياسة الفيدرالية لحوكمة الأبحاث، التي تُجرى على الإنسان، لكنّ الموافقة الشاملة تختلف عن الموافقة المستنيرة؛ لأن المشاركين لا يعرفون كيف ستُستخدَم بياناتهم تحديدًا، وإلى أي غرض ستُوَجَّه، ولن يكونوا على دراية بالأضرار المحتملة. وفي الاتحاد الأوروبي، يُعفى الباحثون الذين يستخدمون بيانات مُجَمّعة مجهولة المصدر من الامتثال للّائحة العامة لحماية البيانات.

وإذا قدَّم المشاركون موافقةً أصلًا، فغالبًا لا يتعدى الأمر وضع علامة في مربع البنود والشروط التي لا يقرأها إلا عدد قليل من الأشخاص وهم في عَجَلة من أمرهم؛ لتنشيط خدمة ما، أو تطبيق على هاتفهم الذكي. وتتجاهل عادةً البحوث القائمة على مجموعات ضخمة من البيانات أحد المبادئ شديدة الأهمية في الأبحاث الأخرى التي تشمل العنصر البشري، وهو أنه يجب السماح للمشاركين بالانسحاب من الدراسة في أي وقت. ويرجع السبب في ذلك التجاهل إلى أن عملية عزل بيانات شخص ما، وحذفها من مجموعة بيانات مُجَمّعة مجهولة المصدر تُعتبر مهمة بالغة الصعوبة من الناحية التقنية.

وعندما تُنفذ عملية الحصول على الموافقة المستنيرة بالشكل الصحيح – وهي المرجع القياسي الأمثل في مجال البحوث الطبية – فهي تتضمن عقد محادثة بين القائمين على الدراسات الإكلينيكية، والمشاركين في الدراسة. ومن الصعب تخيُّل كيف يمكن تكرار عقد مثل هذه المحادثات بين ملايين الأشخاص الذين يسجلون الدخول إلى أحد التطبيقات، لكن يجب ألا يكون هذا سببًا للاستسلام.

في مجال حوكمة البيانات - الآخِذ في التطور - يركز علماء الحاسوب، وأخصائيو أخلاقيات الأبحاث البيولوجية، وعلماء القانون وحقوق الإنسان على كيفية إعادة السُّلطة إلى الأشخاص الذين تُستمَد منهم البيانات. وتتباين الاقتراحات في هذا الصدد ما بين وَسْم البيانات في أثناء جمعها، بحيث تتسنى للأفراد رؤية كيفية استخدام هذه المعلومات، وصولًا إلى إنشاء لجان مراجعة مؤسسية قادرة على تقييم سلامة البحوث القائمة على قدر هائل من البيانات الرقمية.

وفي الوقت الحالي، تجري محادثات حول عملية استصدار الموافقات الرقمية، لكنْ يجب إيلاؤها المزيد من الأولوية. ويجب أن تكون المؤسسات المستقلة عن الحكومات، وعن مجال الصناعة - مثل الهيئات القومية لتنظيم البيانات - هي القائمة على إدارة هذه المحادثات؛ حتى لا يهيمن عليها أصحاب المصالح ذوو النفوذ. وعليه، ينبغي أن تضم هذه المحادثات شركات جمْع البيانات، فضلاً عن اختصاصيّي علم الأخلاق، ومنظمات حقوق الإنسان، والأكاديميات الوطنية للعلوم، والباحثين الذين يجرون دراسات باستخدام بيانات رقمية.

كان الهدف من كتابة قانون نورمبرج هو حماية الأفراد الأبرياء من خطر إيذائهم. وبما أن هذه المخاطر ما زالت قائمة، فيجب أن تكون هناك مجموعة مُحدَّثة من التوجيهات الإرشادية تتناسب مع العصر الرقمي. ■

احموا لجنة الذكاء الاصطناعي من التدخلات

تُبذَل جهودٌ مهمة في الوقت الحالي، لتأسيس لجنة استشارية دولية معنية بأخلاقيات الذكاء الاصطناعي. وينبغي أن تحظى تلك اللجنة بالدعم والحماية من أي تأثيراتٍ غير مشروعة.

تتطلع الصين إلى ريادة العالم في مجال الذكاء الاصطناعي بحلول عام 2030. وتحتفظ الولايات المتحدة كذلك بخطة استراتيجية؛ للحفاظ على مكانتها على رأس القائمة؛ فهي - وفقًا لبعض التقديرات - تتصدر المشهد بالفعل في عدد الأوراق البحثية المؤثِّرة، والأجهزة، والكوادر في مجال الذكاء الاصطناعي، فيما تتنافس دول غنية أخرى بقوة؛ كي تحتل مكانًا في المضمار العالمي للذكاء الاصطناعي.

إنّ ما يجري حاليًّا أشبه بسباق تسلُّح في مجال الذكاء الاصطناعي، وتضخ الحكومات والشركات مبالغ طائلة لأغراض البحث والتطوير في هذا المضمار. والجائزة التي يسعى الجميع لنيلها - وهي جائزة كبرى بحق - هي أنَّ الذكاء الاصطناعي من المتوقع أن يضخ حوالي 15 تريليون دولار أمريكي في الاقتصاد العالمي بحلول عام 2030، أي أكثر من أربعة أمثال إجمالي الناتج المحلي لألمانيا في عام 2017. وهذا يعني 15 تريليون دولار إضافية من الشركات، والوظائف، والمنتجات، وسبل العمل، وأشكال الترفيه الجديدة. وتفسِّر هذه الإضافة السبب في تنافُس الدول بشراسة؛ للحصول على نصيب من الغنيمة.

ورغم كل هذه الإيجابيات.. يحمل الذكاء الاصطناعي في طياته عدة مخاطر؛ بدايةً من الطريقة التي تتعقب بها تقنيات التعرف على وجوه الناس، وتحدد هوياتهم، وانتهاءً بالتلاعب بنتائج الانتخابات. ورغم النقاشات الأكاديمية والعامة المحتدمة حول تلك المخاطر، تتلكأ الحكومات في وضع أخلاقيات الذكاء الاصطناعي ضمن أولوياتها. وتنغمس الولايات المتحدة والصين في سعيهما للفوز بتلك الجائزة الكبرى، ولا تبديان استعدادًا كبيرًا للتعاون مع غيرهما من الدول، ووضْع قواعد منظمة للممارسات في هذا المجال.

إنّ هذا الغياب القيادي في المجال أتاح فرصًا لأطرافٍ أخرى؛ فقد اتحدت الوكالات الوطنية البحثية في فرنسا، وألمانيا، واليابان؛ للعمل على دعوة الباحثين لتقديم مقترحاتهم؛ لتنفيذ مشروعاتٍ بحثية حول الذكاء الاصطناعي، تتضمن بُعدًا أخلاقيًّا. وأنشأت المملكة المتحدة مركزًا جديدًا للأخلاقيات والابتكار في مجال البيانات. هذا.. فيما عكف مسؤولون من كندا وفرنسا على تشكيل اللجنة الدولية المعنية بالذكاء الاصطناعي (IPAI)، التي كان من المقرر أن تُدشَّن في القمة الأخيرة لمجموعة الدول الصناعية السبع، التي انعقدت في بلدة بياريتز الفرنسية خلال الفترة من 24 إلى 26 أغسطس الماضي.

تطمح اللجنة إلى تكوين شبكةٍ من الخبراء؛ لتقديم المشورة للحكومات حول قضايا الذكاء الاصطناعي، مثل خصوصية البيانات، واكتساب ثقة العامة، واحترام حقوق الإنسان. وستضم اللجنة أعضاء من المجتمع البحثي، والحكومات، وقطاع الصناعة، ومؤسسات المجتمع المدني.

> " لكي تكتسب اللجنة المصداقية، لا بد أن تختلف عن تلك المبادرات الرمزية".

وهذه خطوة محل ترحيب، غير أنَّ بِنْية اللجنة من الممكن أن تستفيد من المزيد من النقاشات، إذ يبدو أنَّ فكرة اللجنة مستوحاة من الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. لكن ثمة فروقٌ مهمة، أوَّلها: أنَّ الأمم المتحدة ليست مشارِكةً في اللجنة، ومن ثم وُصِفت بـ"الدولية"، وليس "الحكومية الدولية". وقد يكون ذلك استرضاءً للمشككين – ومن بينهم الإدارة الأمريكية - في المؤسسات الحكومية الدولية متعددة الأطراف. وثانيها: أنَّ ممثلي قطاع الصناعة سيكونون أصحاب الدور الأهم. وهذا شيء مهم بالطبع، لأنَّ الشركات تتمتع بإمكانية الوصول إلى كمياتٍ مهولة من البيانات، وهي التي تدفع عجلة تطوير تقنيات الذكاء الاصطناعي.

ولكي تتسم اللجنة بالمصداقية، خاصةً عندما تتعلق المسألة باكتساب ثقة الجمهور في تقنيات الذكاء الاصطناعي، سيتعين على أمانتها والحكومات الراعية لها أن تَضْمَن اتباعها للأدلة، وألّا تشوب استشاراتها أيّ تدخلات. ولتحقيق ذلك.. سيقتضي الأمر توفير الحماية لأعضاء اللجنة من الضغوط المباشرة، أو غير المباشرة، التي تمارسها الشركات، وجماعات الضغط، والحكومات، لا سيما تلك الجهات التي تَعتَبِر الأخلاقيات حجر عثرة على درب الإبداع والابتكار. ويقتضي ذلك أيضًا ضرورة انتقاء أعضاء اللجنة وفقًا لخبراتهم، لا استنادًا إلى المنظمات التي يمثلونها.

صَدَرَ البيان الأول حول الذكاء الاصطناعي من قادة الدول العشرين ذات الاقتصادات الأكبر عالميًّا في يونيو، وعُرِف باسم «وثيقة مبادئ مجموعة العشرين لاستخدام الذكاء الاصطناعي»، وكانت الولايات المتحدة والصين من بين الدول التي وقَّعت البيان. وهذا أمرٌ جدير بالملاحظة، نظرًا إلى الحرب التجارية الدائرة حاليًّا بين البلديْن، غير أنَّ البيان المشترك في الوقت نفسه لا يتجاوز كونه لفتةً رمزية، تُلْزِم تلك الدول بنَهْج "يتمحور حول الإنسان" في ممارسات الذكاء الاصطناعي.

ولكي تكتسب اللجنةُ المصداقية، لا بد أن تختلف عن تلك المبادرات الرمزية. وتحتاج اللجنة بالفعل إلى دعم مزيدٍ من الدول، غير أنَّها أيضًا لا بد أن تلتزم بالصراحة والشفافية، إذ يجب أن تُنشر المشورات العلمية التي ستُقدمها كاملةً. وينبغي أن يُفتح باب المشاركة في الاجتماعات للمراقبين ووسائل الإعلام. ومما يبعث على الطمأنينة أنَّ أمانة اللجنة وُصِفَت في وثائقها بـ"المستقلة". وهذا مؤشرٌ مهم.. فالقائمون على اللجنة، وأعضاؤها، سيواجهون مواقف يحاول فيها أصحاب المصالح النافذون التأثير على آرائهم. وتوفير التوجيه لتقنيةٍ مبتكرة ومدمِّرة في الوقت نفسه – ووَضْع لوائحها التنظيمية في نهاية المطاف – يتطلب قيادةً جريئة. لذا.. لا بد أن يعدّوا أنفسهم؛ لينجحوا في مسعاهم. ■

فرصة نادرة

على الهيئة الدولية لقاع البحار التأكد من استدامة ممارسات التعدين.

أصبح الحلزون قشري القدم *Chrysomallon squamiferum* أول نوع يُصنَّف رسميًّا على أنَّه "مهدد بالانقراض"، وذلك خلال الأسبوع الثالث من شهر يوليو الماضي، بسبب خطر التعدين في أعماق البحار. ويُذكر أن هذا النوع من الحلزون يعيش في ثلاثة مواقع معروفة، جميعها في غرب المحيط الهندي، منها مواقع يُحتمَل تنفيذ مشروعات تعدين فيها.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

إنّ فكرة تنفيذ مشروعات تعدين ربحية في قاع المحيط قائمة منذ أمد بعيد. والآن، ونتيجة إلى الحاجة المتزايدة إلى المعادن النادرة في الصناعات التكنولوجية، من المتوقع أن يبدأ تنفيذ مثل تلك المشروعات في غضون عقدٍ من الزمن.

وتتوقع الهيئة الدولية لقاع البحار (وهي الجهة المعنية بالإشراف على التعدين في أعماق البحار في المياه الدولية) أن تضع الصيغة النهائية لقانون التعدين الخاص بها بحلول عام 2020، مما سيسمح للشركات بالانتقال إلى الخطوة التالية، وهي الاستخراج التجاري للمعادن.

وعليه، ففي الأسبوع الرابع من شهر يوليو 2019، دعا 28 عالمًا بحريًّا من جميع أنحاء العالم الهيئةَ إلى الاستعانة بعلماء مستقلين عند تقييم الطلبات المقدَّمة من الشركات والحكومات لاستكشاف المعادن في أعماق البحار. وهذه توصية معقولة، ومن المفترض دعمها.

إنّ العينات المُجمعة من أعماق البحار قليلة للغاية، لدرجة أنَّ الباحثين لا يمكنهم حتى تقدير حجم الخسائر المحتملة في حالة تنفيذ مشروعات التعدين. وسوف ينقضي العقد المتبقي قبل بدء تلك المشروعات سريعًا. وعليه، لا بد من استغلال الوقت بحكمة؛ لضمان وجود فكرةٍ واضحة عمَّا يمكن أن يُدمَّر وسط ذلك السعي ضيق الأفق للحصول على ثروات المحيطات. ■

لابد من التزام الولايات المتحدة بتعهداتها لمواجهة الإيبولا

تعمل منظمة الصحة العالمية على القضاء على المرض في جمهورية الكونجو الديمقراطية، لكنْ قد ينتشر الفيروس من دولة إلى أخرى، ما لم تقدِّم الولايات المتحدة الدعم الذي وعدت به.

على مدار الأسابيع الماضية، قدمت دورية *Nature* التقارير من خط المواجهة عن الجهود التي تبذلها جمهورية الكونجو الديمقراطية؛ لمكافحة تفشي فيروس الإيبولا المتصاعد في منطقة تشهد حربًا دائرة.

ويُعتقد أن حوالي 2408 أشخاص قد أصيبوا بالفيروس منذ أغسطس عام 2018، وأن أكثر من 1600 شخص قد لقوا حتفهم من جرّاء المرض. وعليه، قام مراسلنا بزيارة القائمين على الاستجابة لأزمة تفشي الإيبولا ممن يعملون مع منظمة الصحة العالمية في مدن: بيني، وبوتيمبو، وكاتوا في كيفو الشمالية، وهي إحدى مقاطعات شرق جمهورية الكونغو الديمقراطية. ويعالج هؤلاء القائمون على الاستجابة لمواجهة الأزمة المصابين بالمرض، ويحددون أماكن جميع المخالِطين لهم، ويقدمون إليهم تطعيمات بلقاح جديد، كما يتابعون مئات المتاجر غير الرسمية، التي تعالج المصابين بتشكيلة من الأدوية والأعشاب.

وهذه المهام عسيرة؛ لأن كثيرًا من الناس لا يثقون في نوايا المستجيبين لمواجهة الأزمة. وقد نشأ انعدام الثقة هذا عن عقود من أعمال العنف، وانعدام الاستقرار السياسي، وإهمال تقديم الرعاية الأولية في منطقة تُرِكَت محفوفة بصراع استمر لخمسة وعشرين عامًا.

إنّ استمرار الهجمات وعمليات الاختطاف في مناطق انتشار فيروس الإيبولا يعني أن غالبية مجموعات الإغاثة الدولية لديها عدد أقل بكثير من الأفراد العاملين في مجال الإغاثة على أرض الميدان، مقارنة بعدد أفراد منظمة الصحة العالمية، ووزارة الصحة بجمهورية الكونجو الديمقراطية. وبالرغم من أن العاملين في كلتا المؤسستين قد قوبلوا بالرصاص، والقنابل اليدوية، والحجارة، فإنهم ظلوا على تفانيهم وعزمهم للقضاء على الوباء المتفشي. أمّا في حال خفض الإنفاق المرصود لهذا الهدف، وفشل منظمة الصحة العالمية في مواصلة عملها، فسوف تتسارع وتيرة تفشي الوباء بصورة شبه مؤكدة، بل إنها تكون مجرد مسألة وقت، قبل أن يتنقل الفيروس عابرًا الحدود من دولة إلى أخرى.

ومع ذلك، لم تكرس حكومات الدول السبع التي تمتلك أقوى اقتصادات في العالم ميزانيات كافية لتمويل منظمة الصحة العالمية. فبين شهرَي فبراير، ويونيو من العام الجاري، طلبت المنظمة تمويلًا قدره 98 مليون دولار أمريكي؛ للاستجابة لمواجهة أزمة تفشي فيروس الإيبولا. وحتى وقت نشر دورية *Nature* نسختها الدولية المطبوعة من عدد 11 يوليو 2019، كانت المنظمة قد تلقّت أقل من نصف هذا المبلغ فقط. وصمدت جهودها بفضل استغلال أموال من بعض الميزانيات الأخرى داخل المنظمة.

ومِن بين مجموعة الدول السبع، سلكت ألمانيا والمملكة المتحدة المسار الصحيح برصد تبرعات مالية، بلغت في مجملها 16 مليون دولار تقريبًا لمنظمة الصحة العالمية، وذلك بهدف تمويل جهود المنظمة في الاستجابة لمواجهة أزمة الإيبولا في كيفو الشمالية هذا العام. كما أسهمت مؤسسة «بيل آند ميليندا جيتس» Bill and Melinda Gates في سياتل بواشنطن، وغيرها من جهات التبرع غير الحكومية بحوالي ثمانية ملايين دولار خلال هذا العام. أما الولايات المتحدة الأمريكية، وكندا، وفرنسا، وإيطاليا، واليابان، فلم تسهم بنصيبها. ويُعتبر تقاعُس الولايات المتحدة الأمريكية عن المشاركة بحصتها باعثًا على القلق؛ لأنّ العالَم يعوِّل عليها، باعتبارها أكبر ممول لحالات الطوارئ الصحية. ومن المفهوم أن الولايات المتحدة قد أسهمت بمبلغ 31 مليون دولار أمريكي لتمويل الاستجابة لمواجهة أزمة فيروس الإيبولا هذا العام، وأنّ مِن بين المستفيدين من هذه المعونات مجموعات إغاثة، وغيرها من وكالات الأمم المتحدة، لكنْ ليست من بينها منظمة الصحة العالمية.

وهناك بضعة تفسيرات محتمَلة لهذا التخاذل: أولها غير معلن، لكنه حقيقي فيما يتعلق بأكبر تفشٍّ للمرض في العالَم في غرب أفريقيا؛ ألا وهو أن عدوى الإيبولا لم تنتشر بعد في بلدان غنية. ويتمثل تفسير آخر في أن منظمة الصحة العالمية قد تعرضت لانتقادات؛ بسبب فشلها في السيطرة على تفشي المرض بشكل كامل، على الرغم من جهودها الباسلة. وكَرَدّ على مثل هذه التعليقات، بدأت منظمة الصحة العالمية في شهر مايو المشارَكة في مسؤوليات أكبر مع وكالات الأمم المتحدة الأخرى، إدراكًا منها أن الوضع لا يتطلب مساعدة طبية حيوية فحسب، بل خبرات سياسية، وإنسانية أيضًا.

وقد تُمَثِّل المخاوف بشأن نهج منظمة الصحة العالمية في إدارة موازنتها سببًا آخر لإحجام دول - مثل الولايات المتحدة - عن المشاركة في تمويل الاستجابة لمواجهة الأزمة. ففي السادس والعشرين من يونيو من العام الحالي، في حلقة نقاش عُقدت بمعهد «أمريكان إنتربرايز» American Enterprise، وهو بمثابة مؤسسة بحثية، مقرّها واشنطن العاصمة، أشار تيم زيمر - وهو مدير أول في الوكالة الأمريكية للتنمية الدولية - إلى أن منظمة الصحة العالمية لم تتمتع بالشفافية الكافية حول كيفية إنفاق أموالها.

إنّ المَطالِب بالشفافية حيال إنفاق الأموال هي مطالبٌ عادلة، لكنها لا تبرِّر لحكومة الولايات المتحدة، أو حكومات غيرها من البلدان أن تمتنع عن تقديم التمويل في هذا المنعطف الحرج من الأزمة. ويمكن لمؤسسات بعينها - مثل البنك الدولي - أن تتعهد استجابة منظمة الصحة العالمية بالتدقيق المالي، بينما تُواصِل المنظمة تركيزها على الجهود المبذولة في الميدان. وفي نهاية المطاف، عادة ما تؤتي جهود المنظمة ثمارها عندما تُستدام، ولا تتعطل بسبب أعمال عنف.

في آخِر قمة لمجموعة العشرين في اليابان، عُقدت في شهر يونيو عام 2019، أعلنت الدول ذات الدخل المرتفع - ومنها الولايات المتحدة - دعمها الكامل لجهود الاستجابة لمواجهة أزمة الإيبولا. ويجب على هذه الدول الآن أن تلتزم بهذا الوعد تجاه منظمة الصحة العالمية. وإذا سَوَّفَت هذه الدول تنفيذ وعودها بالتمويل، سيصبح العالَم مهدَّدًا بخطر تكرار تفشي جائحة الإيبولا، التي اندلعت في الفترة من عام 2014 إلى عام 2016، عندما أدى التأخر في الاستجابة لمواجهة الجائحة إلى وفاة أكثر من 11300 شخص، وخسارة دافعي الضرائب ما يزيد على ثلاثة مليارات دولار. إنّ منظمة الصحة العالمية تحتاج إلى جزء فقط من هذا المبلغ؛ لحماية العالَم من تكرار هذا الماضي المروع. ■

ARABICEDITION.NATURE.COM
للتعليق على المقالات، اضغط على المقالات الافتتاحية بعد الدخول على الرابط التالي:
go.nature.com/nqvdkp

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


CHRIS BLACK/WHO

تَراجُع دور معهد لأبحاث الخلايا الجذعية يترك فراغًا

تقول **جين إف. لورينج** إن التمويلات قد مهّدت الطريق أمام إجراء اختبارات دقيقة للعلاجات، لكنها أسهمت - عن غير قصد - في ازدهار سوق لعلاجات زائفة تنطوي على مخاطر محتملة.

على مدار الاثني عشر عامًا الماضية تقريبًا، ظل باحثو الخلايا الجذعية في كاليفورنيا محط إعجاب العالم. وفي عام 2004، وفي ضربةٍ معارِضة لقرار الرئيس الأمريكي آنذاك، جورج دبليو. بوش، بفرض قيود على تمويل أبحاث الخلايا الجذعية الجنينية البشرية، وافق سكان كاليفورنيا على تخصيص 3 مليارات دولار أمريكي من أموال دافعي الضرائب؛ لدعم بحوث الطب التجديدي. وهو ما كفل لولاية كاليفورنيا أن تصير منشأ الابتكار في هذا الميدان.

ومنذ ذلك الحين، تلقيت أغلب التمويل اللازم لأبحاثي من معهد كاليفورنيا للطب التجديدي (CIRM)، غير أن هذا الوضع لم يدم طويلًا، ففي يونيو الماضي، أعلن المعهد عن إغلاق باب قبول الطلبات الجديدة لتلقي المنح؛ إذ أوشكت موارده المالية على النفاد. وهو ما لا يترك للباحثين إلا القليل من الموارد لتطوير علاجات قائمة على خلايا جذعية.

وشهد الشهر ذاته ظهور العديد منا – نحن علماء الخلايا الجذعية – في سلسلة أفلام وثائقية، روّجت لعلاجات قائمة على الخلايا الجذعية غير معتمدة، بتمويل جزئي من قبل مؤسسةٌ طبية هادفة للربح، تواجه اتهامات فيدرالية. ولقد أدركنا طبيعة هذه الأفلام، بعدما أرسلت المؤسسة رسائل إلكترونية للترويج لها. وأزال صناع الفيلم الوثائقي مقاطع المقابلات الشخصية، بناءً على طلبنا.

تثبِت هذه المصادفة أن إرث معهد كاليفورنيا للطب التجديدي يمثل سلاحًا ذا حدين، فقد أسهم في تمكين العلوم الأساسية، وساعد في إرساء أساسات المعرفة الفنية اللازمة لإجراء تقييمات دقيقة وموثوقة للعلاجات القائمة على خلايا جذعية. ولقد أنشأت - بالتعاون مع زملائي - في وقت سابق من هذا العام شركة متخصصة في التكنولوجيا الحيوية، وهي شركة «أسبين نيوروساينس» Aspen Neuroscience في ضاحية لاهويا بكاليفورنيا، كما نجمع تبرعات لإجراء تجربة إكلينيكية تستهدف اختبار علاج لداء «باركنسون»، قائم على استبدال الخلايا العصبية. ولولا جهود معهد كاليفورنيا للطب التجديدي في توعية المستثمرين، والباحثين، لكان من الصعوبة بمكان تحقيق مثل هذه الإنجازات.

بيد أن جهود المعهد ساعدت – دون قصد – في تعزيز ظهور "مراكز طبية" هادفة إلى الربح، وغير ممتثِلة للقوانين، تزعم، دون دليل دامغ، أن الخلايا المأخوذة من الدهون، ومن النخاع العظمي، ومن المشيمة وغيرها من الأنسجة بإمكانها شفاء أي مرض.

وعلى الرغم من حسن نوايا المعهد، إلا أنه قد بالغ في رفع آمال الجماهير، وتوقعاتهم. فلقد احتاج المعهد إلى دعاية خاطفة للأنظار؛ للفوز بدعم الناخبين. ورفعت إحدى حملاته شعار "أنقذوا الأرواح بالخلايا الجذعية". فغالبًا ما تركّز الدعاية الفعالة على تقديم الوعود، وتغض الطرف عن أوجه القصور؛ كالإطار الزمني، والموارد المطلوبة لتطوير علاج من العلاجات القائمة على الخلايا الجذعية، مرورًا بمرحلة التجارب الإكلينيكية، وصولًا إلى اعتماده وطرحه في الأسواق. ومن الجدير بالملاحظة أن إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) لم تعتمد أي علاج من العلاجات التي يدعمها المعهد، وهو ما خيب آمال الكثيرين. في الواقع، (لم تصدِّق الإدارةُ الغذاء والدواء الأمريكية حتى الآن إلا على نوع واحد من العلاجات بالخلايا الجذعية، وهو علاج يستخدم الخلايا الجذعية المكوِّنة للدم لعلاج أمراض الدم)، لكنْ يظل الوفاء بوعود الحملة قيد التنفيذ؛ فقد منح المعهد تمويلًا لتجارب إكلينيكية تختبر علاجات قائمة على خلايا جذعية، عددها 56 تجربة.

هناك - بكل أسف - مَن يستغلون هذه الدعاية؛ فأكثر من 700 شركة تقدم ما تزعم أنه علاجات بالخلايا الجذعية؛ لشفاء الكثير من الأمراض، ومنها أمراض الجهاز العصبي؛ كاضطراب طيف التوحد، وداء باركنسون، ومرض ألزهايمر، والسكتة الدماغية. وتتقاضى هذه الجهات آلاف الدولارات، مقابل تقديم تلك العلاجات. وكشف تحليل أُجري خلال هذا العام (W. Fu *et al*. *J. Am. Med. Assoc*. **321**, 2463–2464; 2019) أن أقل من نصف هذه الشركات يوظف أطباء مدربين على التعامل مع جميع الحالات التي يزعمون معالجتها. كما وردت تقارير عديدة تفيد بتقديم علاجات غير معتمدة وغير قانونية للمرضى؛ تتسبب في إصابة بعضهم بالعمى، وإصابة آخرين بأورام خطيرة في العمود الفقري.

دأب معهد كاليفورنيا للطب التجديدي على إدانة مثل هذه المراكز الطبية، التي وُجِدَت قبل تأسيس المعهد، وسوف تظل موجودة، طالما أنها قادرة على جني الأرباح، لكنْ في المقابل.. من السهل أن تتفهم كيف سيدفع الحماس الجماهيري الناس إلى أن يصل بهم الحال إلى اللجوء إلى مَن يمارسون أعمال الدجل والشعوذة.

ينتابني أنا وزملائي الرعب؛ خشية أن تعمّنا سيئة هؤلاء الفاسدين. فهم يسيئون استغلال المرضى، ويعرضونهم للمخاطر. كما يتظاهرون بكونهم جزءًا من المجتمع العلمي، وهم السبب في نظرة الكثيرين إلى مصطلح "الخلايا الجذعية" باعتباره مرادفًا "لزيت الثعبان".

وفي حين مضى باحثو الخلايا الجذعية قدمًا في مشروعاتهم إلى مرحلة تدشين تجارب إكلينيكية باهظة التكلفة، فإن هذا اللبس، في رأيي، يُعَد أحد أسباب تراجُع الدعم المالي.

> يتوجب علينا **تحقيق التوازن** بين الإمكانيات المستقبلية، وحقائق **الواقع الراهن**

كشَف مؤسسو معهد كاليفورنيا للطب التجديدي عن خطط للتقدم إلى الناخبين في عام 2020؛ طلبًا لدفعة تمويلية أخرى. فاحتمالية التصديق على العلاجات بالخلايا الجذعية صارت أقرب إلى الواقع بكثير مما كانت عليه قبل 15 عامًا، وهو ما يُعزى - في جانب كبير منه - إلى دعم الهيئة، غير أن أيّ حملات دعائية مستقبلية ينبغي أن تشدد على أهمية وجود أدلة علمية قاطعة، جنبًا إلى جنب مع عرض ما تنطوي عليه الخلايا الجذعية من قدرات علاجية واعدة.

عند حديثنا إلى الجماهير، يتوجب علينا تحقيق التوازن بين الإمكانيات المستقبلية، وحقائق الواقع الراهن؛ فخليق بالباحثين التأكيد على أنه حتى في حال نجاح العلاجات على الفئران، فإنها عادة ما تفشل عند تطبيقها على البشر. إن السبيل الوحيد للتوصل إلى العلاجات – والتحقق من سلامتها على البشر – هو الاختبارات العلمية المُحكمة في إطار التجارب الإكلينيكية. إنني كثيرًا ما أتحدث إلى مجموعات المجتمع المحلي، لكنني أرى أن الطريقة المثلى لنشر الوعي هي التحدث إلى سائقي «أوبر» في طريقي إلى المطارات، فإذا فَهِموا ماهية الخلايا الجذعية، وما يتطلبه تطوير علاجات آمنة وفعالة، فلربما يعي الركاب التالون الحقيقة، وينقلونها إلى غيرهم.

لقد أثلج صدري خبر تَوَلِّي مجلس كاليفورنيا الطبي مسألة "علاجات الخلايا الجذعية" غير الخاضعة للوائح في شهر أغسطس الماضي. كما تتسارع وتيرة جهود إدارة الغذاء والدواء لإغلاق المنشآت التي تقدِّم علاجات زائفة، كما تجري مقاضاة العديد منها لإضرارها بالمرضى. وكُلِّي يقين مِن أنه حين تعتمد إدارة الغذاء والدواء العلاجات القائمة على الخلايا الجذعية، فإن المساعي الرامية إلى مصلحة المرضى سوف تسود على المساعي الفاسدة. ولسوف يتلقى المرضى علاجات فعالة، تغطي شركات التأمين خاصتهم تكلفتها، لكنّ هذه الآمال لا تزال أسيرة المستقبل. أما الآن، فعلينا تقليل توقعات الجماهير بما يتناسب مع الواقع. ■

جين إف. لورينج تشغل منصب كبير الموظفين العلميين في شركة «أسبين نيوروساينس»، وأستاذ فخري بمعهد «سكريبس» البحثي في لاهويا بكاليفورنيا.
البريد الإلكتروني: jloring@aspenneuro.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

نظرة شخصية على الأحداث

ROBERT TAYLOR

العنصر المفقود من أجل عالَم أفضل... البيانات

تقول **جيسيكا إيسباي** إن العالم لن يحقق أهداف الأمم المتحدة للتنمية المستدامة، ما لم تؤسس الحكومات أنظمة رصد جديرة بالثقة.

انضممتُ إلى وزارة المالية والتخطيط الإنمائي في ليبيريا في عام 2013. وكان مكتبي يقع في مبنى متهالك، مطل على الشاطئ، تنقطع عنه إمدادات المياه والكهرباء على فترات متقطعة. وذات يوم، اختل عمل المولّد الكهربائي، وفي غضون ثوانٍ، شممنا رائحة بلاستيك محروق، وأُتلِفَت حواسيبنا، وغيرها من المُعدّات التي يتعذّر على الحكومة تكبّد نفقات استبدالها. وكان الضرر الذي لحق بالمكتب الإحصائي الوطني المُجاور لنا مباشرة مُدمِّرًا؛ حيث فُقِدَ مقدار هائل من بيانات دراسات استقصائية سُجلت من التقارير الورقية على الحاسوب، إلى جانب عشرات من مجموعات بيانات أخرى متعلّقة بنتائج تعليمية، ومُعدّلات الفقر، والحصول على الخدمات، فقد كان هذا كلّه محفوظًا على حاسوب واحد فقط.

يشيع وجود أنظمة بيانات وطنية تفتقر إلى التمويل والبِنْية التحتية المتينة، ويديرها موظفون غير مؤهلين، ومفتقرون إلى الصلاحيات في البلدان الفقيرة. وهذه الأنظمة هي أكبر عائق أمام بلوغ أهداف التنمية المستدامة التي أقرّتها 193 دولة، ومنظمة الأمم المتحدة في عام 2015، والتي ترمي إلى وضع العالم على المسار الصحيح نحو تحقيق مستقبلٍ مستدامٍ بحلول عام 2030. وبمناسبة انعقاد إحدى الندوات التي تبحث التقدم المحرَز في سياق أهداف التنمية المستدامة في الأسبوع الثالث من شهر يوليو الماضي، عسى أن تكون هذه الندوة قد أخذت في الاعتبار حقيقة أنه لا يتسنّى تحقيق أي من هذه الأهداف، دون حدوث ثورة في مجال البيانات.

هناك إحصاءات وطنية عديدة تُدوَّن على أوراق، وتُدخَل يدويًّا إلى حواسيب قديمة، لا تكون مُتاحة عبر الإنترنت، أو لا يمكن الوصول إليها عبره باتساق. ولهذا لا تُتَّخَذ الإحصاءات الحكومية كمرجع في عملية اتخاذ القرارات اليومية، (ولا حتّى الأسبوعية). وعادة ما تكون البيانات المتاحة قديمة؛ حيث إن 35% فقط من بلدان جنوب الصحراء الكبرى تمتلك بيانات عن معدلات الفقر، خضعت للتحديث منذ عام 2015.

وسيتطلّب إنشاء أنظمة بيانات ملائمة للأغراض التي أُنشئت من أجلها التزامًا هائلًا، ومُنسّقًا من جانب الحكومات والمجتمع الدولي. وتستعرض المجموعة البحثية التي أتولّى قيادتها في شبكة حلول التنمية المستدامة - التابعة للأمم المتّحدة - الاحتياجات اللازمة لذلك في تقرير سيُنشَر عما قريب (انظر: www.sdsntrends.org). وثمّة أربعة أركان أساسية لتطوير أنظمة البيانات؛ هي: حوكمة قوية، وسياسات ومعايير مناسبة، وثقافة تدعم الابتكار، واستعراض حجة من شأنها إقناع جهات التبرع والتمويل العالمية والحكومات الوطنية بضخ استثمارات كافية.

وبإمكان موظّفين مهرة، يعكفون على تطوير أنظمة بيانات مبتكرة تتسم بالشفافية أن يقدموا بيانات عالية الجودة مُحدَّثَة باستمرار؛ لتسليط الضوء على التغيرات البيئية، والظروف الاجتماعية، والتقلبات الاقتصادية. وفي برامج تجريبية أُجريَت في غرب أفريقيا خلال عام 2014، تعاونت شركات الاتّصالات مع الحكومات لتتبع حركات ترحال السكّان، وانتشار الأمراض. وعندئذ، أمكن استخدام تلك البيانات؛ لوضع تدابير احترازية؛ مثل تثقيف المجتمع وتوعيته، وإنشاء محطّات التطهير في المناطق التي ستحقق فيها أعلى فعالية.

وفي ظل توفر بيانات لعمليات رصد يومية لكوكب الأرض، يمكن للحكومات مراقبة معدلات التعرية، وتعدين الرمال، والتوسّعات الإنمائية غير القانونية، ثمّ اتخاذ إجراء تجاه تسوية الأوضاع في السواحل المعرّضة للضرر. ويمكن أن يساعد وجود أنظمة إدارية مترابطة على وصول الفئات المهمشة إلى المنشآت الصحيّة، وحصولهم على الخدمات الاجتماعية.

إنّ أنظمة البيانات هي بمثابة عنصر التماسك الذي يدعم بناء كوكب ومجتمع مستدامَين.

وقبل كل شيء، تحتاج الحكومات إلى تعيين الأشخاص المناسبين، وتمكينهم. ومن الأهمية بمكان تعيين كبير إحصائيين، يكون مكلَّفًا بالعمل في مختلف الوكالات الحكومية؛ لتعزيز إتاحة البيانات، وللتشجيع على استخدامها. وتتبوأ الفلبين ونيوزيلندا ريادة هذا المسار، من خلال دمج مهام ذات صلة تحت سقف سلطة مركزية واحدة، وتعيين منسقين؛ للتفاوض على اتفاقيات تبادل البيانات بين الوزارات الحكومية المختلفة، وخارجها.

ولا بُد من إصلاح اللجنة الإحصائية التابعة للأمم المتحدة، التي تأسست في عام 1947، لدعم هذه الجهود. وقد تتمثل أولى خطوات الإصلاح في أن تكون اللجنة أكثر شمولية، وأن توظّف مقدّمي بيانات جدد، وأن تبني الثقة فيما بينهم، وأن تضع نصب أعينهم هدفًا مشتركًا، إذ تنبغي - على سبيل المثال - دعوة مجموعات المجتمع المدني، والعلماء، ومقدّمي البيانات من القطاع الخاص؛ للمشاركة في جلسات اللجنة الرسمية.

> إنّ الاستثمار في **البيانات** يجلب عائدات **هائلة**

ويحتاج جامعو البيانات إلى معايير، وسياسات، ومصطلحات واضحة؛ لدعم إرادة الحكومات، والشركات الخاصّة في التعاون، وتوطيد العمل المشترك، أو هدمها. وعلى سبيل المثال.. يشير افتقارنا إلى اتفاق جماعي في الآراء حول تعريفات المخاطر الطبيعية، والمخاطر التي من صنع الإنسان إلى أن الحكومات، ومنظمة الأمم المتّحدة، والباحثين، وشركات التأمين، وغيرها من الجهات الخاصة الأخرى تجد صعوبة في مشاركة المعلومات، على الرغم من التزامها بذلك بموجب أهداف التنمية المستدامة، واتفاقية باريس للمناخ، وغيرها من المواثيق الدولية. ومن ثمّ، لا يمكن للحكومات أن تقدّر بدقّة عدد الذين طالتهم أضرار إثر إعصار ما، أو تسونامٍ، وكذلك لا تعرف الأمم المتحدة قدر المساعدات التي يجب إرسالها.

إننا في حاجة إلى التقدم بخطى ثابتة نحو إنشاء "نظام بيئي رقمي"، يشجع إسهامات الجماهير، والمؤسسات الوطنية، والشركات العالمية، ويحث على التعاون. وينبغي أن يكون الهدف هو إحصاء كل فردٍ، والبرهنة على أهمية كل فرد.

إنّ الاستثمار في البيانات يجلب عائدات هائلة. فالبيانات المستمَدَّة من عمليات رصد الأرض - التي تقوم بها الأقمار الاصطناعية التابعة لوكالة ناسا، وهيئة المسح الجيولوجي الأمريكية - تجلب أرباحًا تقدَّر بحوالي 2.19 مليار دولار أمريكي سنويًّا، من استخدامات مثل: التخطيط الذكي لاستغلال الأراضي، والاستجابة للكوارث الطبيعية في الوقت المناسب.

ويتعين على الحكومات والجهات الدولية المانحة تعزيز استثماراتها، والاستفادة بشكل أفضل من الموارد المتاحة حاليًّا. ويتحقق ذلك جزئيًّا من خلال إيجاد سبل تنسيق استخدام الموارد، بما يضمن عدم إغفال أي بلدٍ، أو منطقة.

انقضت أربع سنوات منذ أن تعهَّد زعماء الدول بتحقيق أهداف التنمية المستدامة في بلدانهم بحلول عام 2030. ولا تزال هناك إحدى عشرة سنة متبقية. وفي غياب البيانات، سوف تتعثّر التنمية المستدامة. ولذا.. يجب أن نضع أنظمة البيانات الوطنية في نصابها الصحيح، وإلّا فإن أهداف التنمية المستدامة لن تتجاوز كونها طموحات واعدة. ■

جيسيكا إيسباي مديرة شبكة «تريندس» TReNDS. وهي شبكة معرفية، تركّز على البيانات، تحت مظلة شبكة حلول التنمية المستدامة، التابعة للأمم المتحدة.
البريد الإلكتروني: jessica.espey@unsdsn.org

أضـواء على الأبحـاث مقتطفات من الأدبيات العلميـة

فيزياء الكم

رصْد فونونات مفردة

للمرة الأولى، أمكن للعلماء إحصاء الفونونات المفردة (وهي أصغر الوحدات المكوِّنة للصوت)، دون تدميرها.

ووفقًا لميكانيكا الكَمّ، تتألف الذبذبات التي تشكِّل موجة صوتية ما من وحدات منفصلة من الذبذبات، تسمى الفونونات. ولم يطوّر العلماء بعد طرقًا لرصد الفونونات فرديًّا، دون تدميرها.

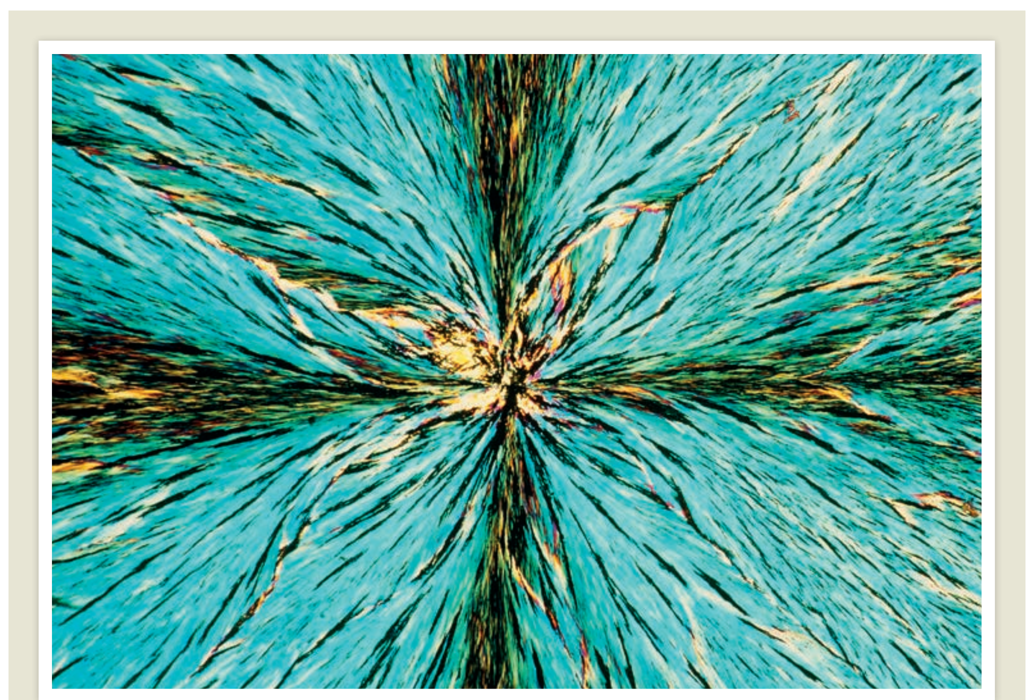
ومن أجل تمييز فونون مفرد، قام لوكاس سليتِن وزملاؤه - من المعهد المشترك للفيزياء الفلكية المختبرية، ويشار إليه اختصارًا باسم (JILA)، وهو معهد أبحاث مشترك بين المعهد الوطني الأمريكي للمعايير والتكنولوجيا، وجامعة كولورادو بولدر - بالاعتماد على وحدات كمية تسمَّى "البِتّات الكَمِّية"، إذ يسجل البت الكَمّي وجود الفونونات من خلال حدوث تحول في مستوى طاقته.

وقام الفريق بحصر الفونونات في حاوية، وأوصلوها بجهاز يحوّل الفونونات إلى مجموعتين من الإشارات الكهربائية. وعزز التفاعل بين هذه الإشارات التحولات في مستويات طاقة البتّات الكمية، ومكّن الفريق البحثي من رصد فونون مفرد.

وتستغل هذه التقنية بطء سرعة الصوت، مقارنة بالضوء؛ لأن إعداد تجربة مماثلة لرصد الفوتونات قد يتطلب جهازًا أكبر من ذلك بكثير.

ويقول واضعو الدراسة إنه يمكن لهذه الطريقة أن تسمح للباحثين باستخدام الفونونات في أنظمة متطورة لمعالجة المعلومات الكمية.

***Phys. Rev. X* 9, 021056 (2019)**



SIDNEY MOULDS/SCIENCE PHOTO LIBRARY

تقنيات حيوية

طريقة للتحكم في الجينات بـ«المنثول»

ظهرت فائدة جديدة للـ«منثول» menthol، بخلاف تهدئة السعال؛ فقد صمم باحثون دائرةً جينية يمكن تشغيلها عن طريق خفض درجة الحرارة، أو عن طريق «المنثول»، الذي يمنح إحساسًا بالبرودة (في الصورة بلورة «منثول»).

يعكف العلماء على تقصي إمكانية استخدام الجينات كعلاج للأمراض الوراثية، وغيرها من المشكلات الطبية، لكنّ التحكم في تلك الجينات في الجسم يمثل تحديًا. ولإيجاد حلّ لهذه المعضلة، طوّر مارتن فوسينيجر - من الحرم الجامعي للمعهد الفيدرالي السويسري للتكنولوجيا في بازل بمدينة زيوريخ - وزملاؤه دائرة جينية قائمة على البروتين البشري TRPM8، الذي يتفاعل مع درجات الحرارة الباردة.

لُوحظ أنه في الخلايا التي أنتجها الفريق البحثي، يستجيب بروتين TRPM8 لدرجات حرارة تتراوح ما بين 15 إلى 18 درجة مئوية، وإلى وجود «المنثول»، على حد سواء – وهو مكوّن بنكهة النعناع، يدخل في تركيب العديد من أقراص استحلاب السعال، وعلاجات أخرى – عن طريق تنشيط بروتين ثان. يحفز هذا التنشيط بدوره إنتاج بروتين ثالث من اختيار الباحثين.

وصنع الفريق خلايا حفّزت مجموعات دوائر البروتين TRPM8 فيها إنتاج بروتين الإنسولين، الذي يتحكم في مستويات السكر في الدم، وزرعوا هذه الخلايا في فئران مصابة بداء السكري. وبعد وضع «المنثول» على جلد هذه الفئران، كانت مستويات السكر في دمها أقل، مقارنة بمستويات السكر في نظيراتها التي عُولجت بـ«المنثول» فقط.

***Nature Med*. http://doi.org/gf4q3s (2019)**

عدوى

فيروس يصيب مختلف أنواع الرئيسيات

في حالة غير مسبوقة من "ارتداد العدوى" الفيروسية بين الأنواع المختلفة، أصاب فيروس كان قد أودى بحياة صبي عمره ست سنوات في عام 1965 قردة البونوبو والشمبانزي.

قام جيمس تشودوش - من كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن بولاية ماساتشوستس - ودونالد سيتو - من جامعة جورج ماسون في ماناساس بولاية فرجينيا - وزملاؤهما بإعادة هيكلة السجل التاريخي لعينة مخزّنة منذ فترة طويلة من الفيروسات الغُدّيّة، وهي نوع من الفيروسات يسبب نزلات البرد، وغيرها من الأمراض. ومن خلال تتبع التغييرات الطفيفة التي تراكمت في جينوم الفيروس عندما أصاب المسبب المرَضي أنواعًا جديدة، اكتشف الباحثون أنه كان يعيش سابقًا في قردة البونوبو (*Pan paniscus*)، والشمبانزي (*Pan troglodytes*)، والبشر. أظهر التحليل أيضًا أن المسبب المرَضي كان مشابهًا بشكل ملحوظ لفيروس غدّيّ اكتُشِفَ مؤخرًا في مجموعتين من الرئيسيات، لم يسبق أن احتك أحدهما بالآخر قط؛ وهما قردة البونوبو في حديقة حيوان سان دييجو في كاليفورنيا، وقردة الشمبانزي في منشأة لأبحاث الرئيسيات في لويزيانا.

تشير النتائج إلى أن انتقال الفيروسات الغدّيّة من الحيوانات الأخرى إلى الإنسان قد يلعب دورًا مهمًّا في ظهور مسببات مَرَضية قد تضر بصحة الإنسان.

***J. Virol*. http://doi.org/c76q (2019)**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

DONALD MIRALLE/GETTY

علوم بيئية

الجليد يسجل تاريخ تلوث الرصاص

إن التاريخ المفصّل لتسرب التلوث بالرصاص إلى المنطقة القطبية الشمالية محفور في جليد المنطقة، الذي يسجل ارتفاعات شديدة في مستويات التلوث خلال فترات التعدين المكثف للفضة، ومستويات أقل أثناء جائحات الطاعون، والمجاعات.

تُطلِق الأنشطة الصناعية؛ كالتعدين، وحرق الوقود الأحفوري، الرصاص في الغلاف الجوي. ومن هناك، يمكن أن يتساقط الرصاص في نهاية المطاف على الجليد القطبي. نَقَّب جوزيف ماكونيل - من معهد بحوث الصحراء في رينو بولاية نيفادا - وفريقه عن الرصاص في 13 لُبًّا جليديًّا تم استخراجها من جرينلاند، ومن المنطقة القطبية الشمالية الروسية، التي تغطي الفترة بين عام 200 قبل الميلاد، وعام 2010 ميلادية.

واتضح أن مستويات الرصاص في القطب الشمالي قد ارتفعت بمُعامل مقداره 300، منذ بداية العصور الوسطى (حوالي سنة 500 ميلادية)، حتى سبعينيات القرن الماضي. وبعد أن بدأت دول أمريكا الشمالية وأوروبا في إصدار تشريعات؛ للحدّ من التلوث في السبعينيات، انخفضت مستويات الرصاص بأكثر من 80%، لكنها لا تزال أعلى بكثير مما كانت عليه في بداية العصور الوسطى.

وبهذا.. تقدم هذه الألباب الجليدية واحدًا من أكثر السجلات شمولًا لتلوث الرصاص في منطقة القطب الشمالي.

***Proc. Natl Acad. Sci. USA* http://doi.org/c73r (2019)**

بيولوجيا الحفظ

الزراعة المكثفة للفانيليا تهدد التنوع الحيوي

BABELON PIERRE-YVES/ALAMY

عادة ما يُستهان بالفانيليا؛ بسبب نكهتها غير القوية، لكنْ تُظهِر الدراسات الاستقصائية الحالية أن الطلب على هذه النكهة يمكن أن تكون له نتائج خطيرة؛ إذ يتسبب بعض مزارع الفانيليا في تهديد التنوع الحيوي النباتي. وهناك نبأ سار يشير إلى أن مزارع الفانيليا القديمة ذات الغطاء الغاباتي يمكن أن تكون أقل خطرًا من المزارع الحديثة التي تتخذ طابعًا صناعيًّا.

وعلى الصعيد العالمي، تنتج مدغشقر حوالي 80% من الفانيليا، التي تُصنع من قرون نبات فانيليا بوربون السحلبي (*Vanilla planifolia*). وقد قام سام كوتون – من جمعية بريستول لعلم الحيوان بالمملكة المتحدة – وزملاؤه بإحصاء عدد النباتات، وأنواعها في الغابات الطبيعية في شمال شرق جزيرة مدغشقر، وهو الموضع الذي يُزرع فيه معظم الفانيليا في الجزيرة، وفي أنواع مختلفة أيضًا من مزارع الفانيليا (في الصورة).

وفي مزارع الزراعة المكثفة للفانيليا، حيث أُزِيلَ الغطاء النباتي الأصلي، أو تعرض لتغييرات، كان عدد أنواع النباتات أقل بحوالي 70%، مقارنة به في الغابات الطبيعية. أما المزارع التقليدية، التي تحتفظ ببعض من الغطاء النباتي الأصلي، فقد أظهرت بدورها درجة أقل من التنوع الحيوي، مقارنة بالغابات الطبيعية. ومع ذلك.. كانت درجة فقدان الأنواع في المزارع التقليدية المجاورة لأراضي الغابات البرية أقل منها بكثير في المزارع التي تُزرَع زراعة مكثفة، وهو ما يشير إلى أن الطريقة القديمة لزراعة الفانيليا قد تكون أكثر استدامة من الزراعة المكثفة.

***Afr. J. Ecol.* http://doi.org/c8ts (2019)**



علم الحفريات

سبب زيادة أعداد سكان مدينة قديمة

تمثل حفرة أرضية عميقة، تقع على أطراف مدينة «تشيتشن إيتزا» Chichén Itzá الكبرى العتيقة - التابعة لحضارة المايا القديمة - مقبرة عظام لعدد لا يُحصَى من الأطفال والبالغين، الذين قُتلوا في الطقوس الشعائرية لحضارة المايا. ويُظهِر تحليل كيميائي جديد أن هؤلاء الضحايا تنحدر أصولهم - على أقل تقدير - من ثلاث مناطق مختلفة من أمريكا الوسطى، وهو ما يشير إلى أن الهجرة لمسافات طويلة ساعدت على إمداد المدينة بأعداد متزايدة من السكان.

وقد قام دوجلاس برايس – من جامعة ويسكونسن ماديسون – وزملاؤه بتحليل 40 سنًّا من الأسنان الموجودة في الحفرة. وأشارت نتائج هذا التحليل إلى أن بعض الضحايا قد أتوا من المنطقة المحيطة بمدينة «تشيتشن إيتزا» مباشرة (في الصورة)، التي احتلت مكانة مهمة في نهاية الألفية الأولى بعد الميلاد، والمعروفة الآن بـ"المكسيك"، بيد أنه من المحتمل أن يكون ضحايا آخرون قد جاءوا من قرب الحدود الحديثة بين هندوراس، وجواتيمالا، من على بعد مئات الكيلومترات من المدينة، في حين جاء آخرون من المرتفعات الوسطى النائية في المكسيك.

وقد تفسِّر هجرة السكان من هذه المناطق النائية إلى المدينة ارتفاع عدد سكانها إلى حوالي 50 ألف نسمة.

***Am. J. Phys. Anthropol.* (2019)**



كيمياء حيوية

فقاعات مَهَّدَت لنشأة الحياة

ربما ساعدت فقاعات صغيرة على تنظيم عمل الجزيئات المضطربة التي مهدت لظهور الحياة. وقد كانت تلك خطوة ضرورية؛ لتتطور الحياة على الأرض.

قبل مليارات السنين، وبطريقة ما، انتظم عمل سائل من جزيئات عشوائية بالقدر الكافي الذي يسمح بتشكيل بروتينات، وحمض نووي، وخلايا في نهاية المطاف. وسعيًا لفهم الآلية التي حدث بها ذلك، درس ديتير براون - من جامعة لودفيج ماكسيميليان في ميونيخ بألمانيا - وزملاؤه الجزيئات الحيوية؛ لمعرفة ما إذا كان بمقدورها أن تتركز على سطح فقاعة غازية، أم لا. ويشيع وجود مثل هذه الفقاعات في الصخور المسامية حول الفوهات المائية الحرارية، وهي بِنى توجد في قاع البحار، ويعتقد كثير من العلماء أنها كانت مهد الحياة.

وقد صنع الباحثون فقاعات مجهرية في خزان ساخن من الماء، يحتوي على جزيئات حيوية؛ مثل الحمض النووي الريبي، والحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين. وفي غضون 30 دقيقة، تراكمت هذه الجزيئات الحيوية على السطوح الخارجية للفقاعات. واستطاعت الجزيئات الحيوية التجمع في شكل كبسولات تشبه الخلايا على سطوح الفقاعات، كما أمكن للسطح الحارجي للفقاعات أن يعمل على إسراع التفاعلات الكيميائية التي تعزز عملية نسخ الحمض النووي الريبي، والحمض النووي الريبي منقوص الأكسجين.

وتقدم الدراسة تفسيرًا محتملًا، استطاعت من خلاله الحياة المبكرة أن

تتغلب على تأثيرات العشوائية في الطبيعة.

Nature Chem. http://doi.org/c8xq (2019)

أمراض

اختبار جديد للكشف عن مرض السل البقري

قد يحل اختبار جديد دقيق للكشف عن مرض السل البقري محل الاختبار المُستخدَم اليوم، الذي يعود تاريخه إلى زهاء قرن مضى، وهي خطوة إلى الأمام، يمكنها أن تساعد على كبح جماح المرض، الذي يتسبب في خسائر فادحة في ثروة الماشية، وفي الصحة العامة.

يمكن أن ينتقل مرض السل البقري إلى البشر من خلال منتجات الألبان الملوثة، ويُقَدَّر أنه يتسبب في 10% من حالات إصابة الإنسان بالسل على مستوى العالم. واختبار الكشف عن العدوى الذي يستخدمه المزارعون حاليًّا يتم عن طريق حقْن خليط من بروتينات السل المعطلة في جلد الحيوان، وترقب حدوث تفاعل تحسسي، وهو نهج ابتُكِر في أواخر القرن التاسع عشر، غير أن هذا الاختبار يعطي أيضًا نتيجة موجبة خاطئة في الحيوانات المحصنة، وهو ما يُصعِّب تنفيذ برامج التطعيم.

ومن ثم، طَوَّر فيفيك كابور - من جامعة ولاية بنسلفانيا في يونيفرسيتي بارك - ومساعدوه مزيجًا من الببتيدات الموجودة في البكتيريا من نوع *Mycobacterium bovis*، وهي بكتيريا تسبب الإصابة بمرض السل البقري، لكنها غير موجودة في السلالة البكتيرية المستخدَمة في صناعة لقاح السل. وأدّى حقْن هذه الببتيدات إلى تحفيز استجابة مناعية في الأبقار المصابة بالعدوى فقط، لكنْ ليس في الأبقار المحصَّنة.

ويُمكن لهذا النهج أن يسرّع تطبيق برامج التطعيم التي تهدف إلى كبح جماح هذا المرض في بلدان بعينها، مثل الهند.

***Sci. Adv.* 5, eaax4899 (2019)**



TELEPIX/ALAMY

سلوك البشر

إضفاء الطرافة على النكات السيئة

ما المسمى الذي يمكن أن تُطلِقه على ديناصور نائم؟ "دينو-سنور"، أي (ديناصور ذي شخير).

هذه ليست نكتة مضحكة، لكنْ لعلك تجدها أكثر طرافةً، إذا سمعتَ صوت ضحك بعد إلقائها.

يشيع استخدام "مقاطع الضحك المسجلة" في الأعمال الكوميدية السينمائية؛ للإشارة إلى أن هناك شيئًا يُقصد منه أن يكون مضحكًا، لكن لا يزال غير واضح ما إذا كان صوت الضحك المسجل يؤثر على إحساس المستقبِل بطرافة النكتة، أم لا.

من هنا، قامت صوفي سكوت - من كلية لندن الجامعية - وزملاؤها بإقران 40 نكتة سخيفة، سجلها ممثل كوميدي، بتسجيلات لأصوات ضحك، إمّا مفتعلة، أو عفوية، أو لم تقرنها بضحك بالمرة. وصنّف المشاركون في الدراسة باستمرار النكات المقترنة بصوت الضحك على أنها أكثر طرافة من النكتة نفسها بمفردها؛ وعزّزت أصوات الضحك العفوية طرافة النكات بدرجة أعلى من أصوات الضحك المفتعلة المتكررة. وثبت تأثير مقاطع الضحك المسجلة على المشاركين المصابين باضطراب طيف التوحد، وكذلك على أولئك غير المصابين به.

وكانت لهذا التأثير دلالة إحصائية، لكنها بسيطة. ومع ذلك.. يشير الباحثون إلى أن البشر يتفاعلون تفاعلًا غير ملحوظ مع صوت الضحك، وأنه يؤثر على أحكامنا. وتشير الدراسة كذلك إلى أن الأشخاص المصابين بالتوحد يستطيعون إدراك حس الفكاهة والكوميديا بدرجة أكبر مما اعتقد الباحثون سابقًا.

***Curr. Biol.* 29, R677–R678 (2019)**

علم خواص المادة

قطيرات تتحدى الجاذبية

يمكن لقطيرات من الماء أن تدفع نفسها إلى أعلى على سطح عمودي، متغلبة على قوة الجاذبية.

إنّ قطيرات الماء سوف تتحرك في الاتجاه المطلوب، إذا وُضعت على سطح مغطى بطبقة غير مستوية من مادة طاردة للماء؛ إذ تطرد المناطق التي يصل عندها سُمْك هذه الطبقة الغلافية إلى أقصاه القطيرات، غير أن القطيرات تتحرك عندئذ ببطء عادة، وتتوقف حيث تنتهي هذه الطبقة الغلافية.

وقد صمم شو دينج - من جامعة العلوم الإلكترونية والتكنولوجيا في تشنجدو بالصين - وزملاؤه نظامًا تُقَطَّر فيه المياه من مضخة على سطح طارد بدرجة كبيرة للماء. وعند اصطدام القطيرات بالسطح، ينتقل بعض الإلكترونات سالبة الشحنة منها إلى السطح.

وقد غيَّر الفريق عوامل معينة، مثل موضع المضخة؛ لرشّ الإلكترونات على السطح في شكل طبقة غير متجانسة. وقامت المناطق التي "تمّت طباعة سطحها" بهذه الطريقة - ليحتوي على كمية إضافية من الشحنات السالبة - بجذب قطيرات الماء، وهو ما دفع القطيرات بسرعة على طول السطح. وسمحت هذه التقنية لقطيرات الماء بالتدفق صعودًا، وتَسَلُّق الجدران.

ويقول الباحثون إن هذه الطريقة يمكن أن تتحكم في تدفق الماء، والدم، وغيرهما من السوائل في الأجهزة الطبية.

***Nature Mater.* http://doi.org/gf5fkw (2019)**

الشيخوخة

أثر مُرَكّبات إطالة العمر على الجينات

تتسبب أنظمة مقاومة الشيخوخة في إحداث تغييرات مميزة في نشاط الجينات، وهو اكتشاف يمكن أن يساعد

في البحث عن طرق لتعزيز طول العمر.

وتتزايد الأدلة على أن بعض الأدوية وبعض الأنظمة الغذائية – مثل الأنظمة طويلة المدى، القائمة على الحد من تناول السعرات الحرارية – فعال في إطالة عمر الثدييات.

ولفهم الأسس الوراثية لهذا التأثير، قام فاديم جلاديشيف – من كلية الطب بجامعة هارفارد في بوسطن، ماساتشوستس – وزملاؤه بتعريض فئران لتدابير مختلفة لإطالة العمر، وسجلوا النشاط الجيني لهذه الفئران. كما قام الباحثون أيضًا بالبحث في قواعد البيانات العامة؛ للحصول على نتائج التجارب المماثلة.

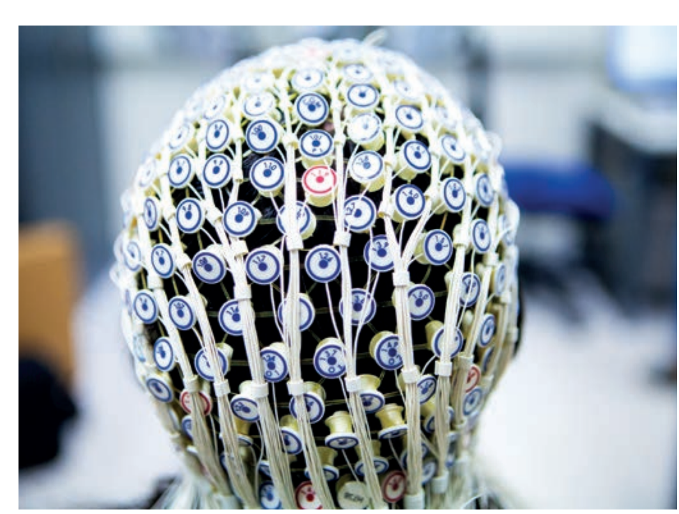
ويوضح تحليل الفريق البحثي أن التدخلات العلاجية المتنوعة التي تطيل العمر تنتج أنماطًا متماثلة من تنشيط الجينات. فعلى سبيل المثال.. يؤدي الجين *Cth* وظائف متعددة، منها ترميز إنزيم يشارك في حماية الخلايا من الجزيئات الضارة. ولوحظ ارتفاع نشاط هذا الجين في الفئران التي كان النظام الغذائي المخصص لها محدود السعرات الحرارية، وفي الفئران التي تلقّت مكملات غذائية تطيل العمر.

وحدد العلماء أيضًا مركّبات أخرى تولد الأنماط الجينية المقترنة بالتدابير الشائع استخدامها في إطالة العمر. ويقول مؤلفو الدراسة إن هذه المركّبات تُعَد خيارات واعدة لتطوير أدوية تطيل العمر.

***Cell Metab.* http://doi.org/c8tw (2019)**

بحوث طبية

الدماغ قد ينشط في الغيبوبة



AMELIE BENOIST/BSIP/GETTY

أظهر 15% من مرضى المستشفيات ممن لديهم إصابات شديدة في الدماغ نشاطًا إدراكيًّا استجابة للأوامر، وإن لم تكن استجابة جَلِيّة.

فقد درس جان كلاسين - من جامعة كولومبيا في نيويورك - وزملاؤه 104 مرضى من "غير المستجيبين إكلينيكيًّا"، أصيبت أدمغتهم بأضرار نتيجة لسكتة دماغية، أو إصابة أخرى. ولم يبدِ أيّ منهم استجابة بينة للتعليمات الشفهية، وكان بعضهم في حالة غيبوبة.

واستخدم الباحثون تقنية تسمى تخطيط كهربية الدماغ (EEG)، في الصورة)؛ لدراسة النشاط الكهربي في أدمغة المرضى. وعندما طُلِبَ من المرضى تحريك يد واحدة، أظهر الفحص لـ15% منهم أنماطًا من نشاط الدماغ شبيهة بتلك التي لدى المتطوعين الأصحاء الذين يستجيبون للتعليمات نفسها.

وبعد مرور عام على الإصابة، استطاع 44% من المرضى الذين استجابت أدمغتهم للأوامر رعاية أنفسهم بأنفسهم لمدة ثماني ساعات على الأقل. وفي المقابل، استطاع 14% فقط ممن لم تستجب أدمغتهم للأوامر فعل ذلك. ويقول الباحثون إن هناك حاجة إلى إجراء تجارب أكبر؛ لاختبار قيمة تخطيط كهربية الدماغ في تشخيص المرض، وتطوُّره.

***N. Engl. J. Med.* 380, 2497–2505 (2019)**

فيزياء تطبيقية

كيف تفتعل شللًا مروريًّا تامًّا



JOHANNES EISELE/AFP/GETTY

قَدَّر علماء الفيزياء أن قراصنة الإنترنت لن يحتاجوا سوى تعطيل 10% تقريبًا من السيارات الجوالة في شوارع مانهاتن في أثناء ساعة الذروة؛ للتسبب في شلل مروري تام في البلدة.

بتعاقُب الأيام تصبح السيارات أكثر ارتباطًا بالإنترنت. ومن ثم، تكون عرضة - على غرار أي حاسوب - للاختراق. وسعيًا منهم إلى دراسة مثل هذا التهديد، أجرى بيتر يونكر– من معهد جورجيا للتكنولوجيا في مدينة أتلانتا – وزملاؤه عملية محاكاة لحركة السيارات في نظام مروري متعدد الحارات. ونمذج الباحثون درجات مختلفة من الكثافة المرورية للسيارات، ونِسَبًا شتى من المركبات التي تتعطل فجأة في آن واحد، وهو ما قد يحدث إذا شن أحد قراصنة الإنترنت هجومًا إلكترونيًّا.

ووجد الباحثون أن كثافة المركبات المعطلة كانت هي العامل الأفضل في التنبؤ باحتمال حدوث شلل تام في الحركة المرورية، وذلك مقارنة بإجمالي الكثافة المرورية. وذلك يُعْزى إلى قدرة السيارات المخترَقة على إيقاف حركة كل الحارات، وهو ما سوف يوقف جميع أشكال التدفق المروري، حتى البسيطة منه.

وباستخدام نموذج أخذ في الحسبان عامل درجة الترابط بين شوارع بلدة مانهاتن (في الصورة)، توصّل الفريق إلى أن تعطيل حوالي 10% من المركبات المنخرطة في الحركة المرورية في ساعة الذروة كفيل ليس فقط بالتسبب في اختناقات مرورية موضعية، بل بالتسبب أيضًا في شل الحركة المرورية في أنحاء المدينة كلها.

يوصي مؤلفو البحث صانعي السيارات باستخدام العديد من الشبكات اللاسلكية المستقلة؛ لربط المجموعات المختلفة من المركبات داخل المدن بالإنترنت.

***Phys. Rev. E* 100, 012316 (2019)**

علم الأحياء المجهرية

اكتشاف بروتينات بكتيرية جديدة واعدة

أسهم جهد بحثي سبر أغوار الميكروبيوم البشري في إزاحة الستار عن ثروة من بروتينات بكتيرية جديدة، ذات فوائد محتملة.

عادة ما تغفل الدراسات البيولوجية الاستقصائية البروتينات "الصغيرة"، التي تتكون من 50 حمضًا أمينيًّا، أو أقل. لذلك.. استعانت آمي بهات – من جامعة ستانفورد بكاليفورنيا – وزملاؤها، في مسعاهم لدراسة هذا الميدان غير المطروق، بأدوات حاسوبية؛ من أجل تحديد البروتينات الصغيرة التي تكوِّنها الميكروبات التي تعيش في أعضاء بشرية؛ مثل الجلد، والمهبل، والأمعاء، والفم.

واكتشف الباحثون ما يربو على 400 ألف جزيء تنتمي إلى ما يقرب من 4500 "عائلة"، أو مجموعات تحتوي على بروتينات واعدة ذات فائدة محتملة متطابقة في تركيبها، وأطوالها. ومن المثير للاهتمام أن أقل من 5% من هذه البروتينات قد سبق للعلماء التعرف عليها.

وتتضمن مجموعة البروتينات التي تعرَّف عليها الفريق البحثي بروتينات «التنظيم الداخلي»، التي تلعب أدوارًا رئيسة في الوظيفة الخلوية. ويتميز بعض من هذه البروتينات بالوفرة الكبيرة. ورغم ذلك.. لم ينتبه إليها العلماء في الدراسات السابقة. ومن بين البروتينات الأخرى التي اكتشفوها.. تلك التي قد تعمل على حماية البكتيريا من السموم التي تستخدمها هذه البكتيريا في القضاء على الفيروسات.

يقول مؤلفو البحث إن البروتينات الصغيرة يمكن أن تكون لها استخدامات في مجال الطب، أو التكنولوجيا الحيوية.

***Cell* http://doi.org/c9bg (2019)**

سياسات

انسحاب الولايات المتحدة من معاهدة للصواريخ

انسحبت الولايات المتحدة الأمريكية رسميًّا من معاهدة «القوى النووية متوسطة المدى» INF في الثاني من أغسطس الماضي. كان الرئيس الأمريكي الأسبق رونالد ريجان، ورئيس الاتحاد السوفيتي ميخائيل جورباتشوف قد وقّعا على هذه المعاهدة في عام 1987، حيث تحظر استخدام الصواريخ ذات المدى الذي يتراوح من 500 إلى 5500 كيلومتر. وبموجب هذه الاتفاقية، دمّرت الولايات المتحدة الأمريكية 846 صاروخًا، وتخلّص الاتحاد السوفيتي من 1846 صاروخًا، لكنْ في الأول من فبراير من العام الحالي، أعلن الرئيس الأمريكي دونالد ترامب أن بلاده ستنسحب من المعاهدة، مشيرًا إلى عدم التزام الجانب الروسي، وعدم مشاركة بلدان أخرى، مثل الصين، بها. وفي الثاني من فبراير من العام نفسه، حذا الرئيس الروسي فلاديمير بوتن بدوره حذو الرئيس الأمريكي.

ومن الجدير بالذكر، أنه في عام 2010، وُقعت المعاهدة الباقية حتى الآن، للحدّ من عدد الأسلحة النووية التي تملكها الدولتان، وهي «المعاهدة الجديدة للحدّ من الأسلحة الاستراتيجية»، المعروفة باسم «معاهدة ستارت الجديدة» New START. ومن المقرر أن ينتهي سريانها في فبراير من عام 2021، ويبدو تجديدها مستبعَدًا.



DALE OMORI/CLEVELAND MUS. NAT. HIST.

اكتشاف جمجمة لأحد أشباه البشر عمرها 3.8 مليون عام

اكتشف علماءُ جمجمة، يبلغ عمرها 3.8 مليون عام (في الصورة)، تعود إلى أحد أشباه البشر في إثيوبيا. ويمكن لهذه الجمجمة أن تساعد في توضيح أصول «لوسي»، السلف الشهير لنوعنا البشري. وتشير العينة إلى أن نوع لوسي قد عاش جنبًا إلى جنب مع أحد أسلافه على أراضي إثيوبيا القديمة.

ويعتقد أغلب الباحثين أن نوع لوسي، ذا الاسم العلمي *Australopithecus afarensis*، يقع في الفرع نفسه من شجرة التطور، الذي يقع فيه نوع يسمى *Australopithecus anamensis*. والفكرة السائدة في هذا الصدد هي أن هذا النوع الأخير قد تحوّل تدريجيًّا إلى النوع الأول، وهو ما يشير ضمنيًّا إلى أن كلا النوعين لم يعيشا أبدًا جنبًا إلى جنب، لكن الجمجمة، التي ورد وصفها في دورية *Nature* في الأسبوع الأخير من شهر أغسطس الماضي، توحي بخلاف ذلك، إذ تدل ملامح وجه الحفرية على أنها تنتمي إلى النوع *Australopithecus anamensis*، وتعزز الطرح القائل إنّ الحفرية التي كانت قد اكتُشِفَت قبل ذلك في الثمانينيات - وهي لجزء من الوجه، وعمرها 3.9 مليون عام - تنتمي إلى النوع *Australopithecus afarensis*.

ويشير هذا إلى أن النوعين قد عاشا - في نهاية المطاف - جنبًا إلى جنب. وربما تطوَّر النوع *Australopithecus afarensis* من مجموعة صغيرة تنتمي إلى نوع *Australopithecus anamensis*، قبل أن يحل تدريجيًّا محل هذا النوع الأخير الأوسع انتشارًا.

تأشيرات علمية

قال بوريس جونسون - رئيس وزراء المملكة المتحدة - في الثامن من أغسطس الماضي إن المملكة ستطور مسارًا جديدًا؛ لتسريع حصول العلماء على التأشيرات.

تبحث الحكومة في تسيير إجراءات معينة، على غرار إلغاء الحد الأقصى المفروض على طريق إصدار تأشيرات «المواهب الاستثنائية» Exceptional Talent، واستبعاد الحاجة إلى حصول العالِم على عرض عمل، قبل وصوله إلى بريطانيا. (اكتشفت دورية *Nature* في عام 2018 أن طرق إصدار تأشيرات المواهب الاستثنائية كانت قليلة الاستخدام إلى حد كبير).

رحّبت القيادات العلمية بهذه الخطوة، ولكنهم أكدوا أنه ما زالت للـ«بريكسيت» عواقب سلبية بشكل طاغ على المجال البحثي. يُذكر أن نصفَ العلماء الأكاديميين الأجانب في المملكة المتحدة يأتون من دول الاتحاد الأوروبي، ولا يحتاجون إلى تأشيرة لدخول المملكة المتحدة، أو العمل فيها.

تعهّدت الحكومة كذلك بتعويض بعضٍ من التمويل البحثي الذي يقدمه الاتحاد الأوروبي، الذي سيُفقَد إذا غادرت المملكة المتحدة الاتحاد الأوروبي، دون الوصول إلى اتفاق، وذلك بحلول الواحد والثلاثين من أكتوبر المقبل. وصرّحت بأنها سوف تقيِّم طلبات التمويل في المملكة المتحدة، الخاضعة لمراجعة الاتحاد الأوروبي في هذا التاريخ، وأنها ستمول الأبحاث التي تُعتبر ناجحة.

وتقول منظمة «يونيفرسيتيز يو كيه» Universities UK - التي تمثل جامعات المملكة المتحدة - إن قيمة التمويل قد تبلغ 600 مليون يورو (672 مليون دولار أمريكي).

المناخ

مشروع تبريد الأرض

صارت خططٌ لاختبار تقنية تبريد للكوكب، عبر حجب ضوء الشمس، أقرب إلى التحقق، إذ شكّلت

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

جامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس لجنة استشارية خارجية، مؤلَّفة من ثمانية أعضاء، لدراسة الآثار الأخلاقية والبيئية والجيوسياسية المحتمَلة لمشروع الهندسة الجيولوجية هذا، الذي طوره باحثون بالجامعة. وستتضمن تجربة المشروع المسماة بـ«تجربة الاضطراب الخاضع للضبط بطبقة الستراتوسفير» The Stratospheric Controlled Perturbation Experiment (اختصارًا SCoPEx) إطلاق جسيمات من كربونات الكالسيوم من منطاد قابل للتوجيه، على ارتفاع يبلغ حوالي 20 كيلومترًا فوق جنوب غرب الولايات المتحدة. وسيدرس الباحثون كيفية تناثر هذه الجسيمات، وسيراقبون التغيرات التي تطرأ على كيمياء الغلاف الجوي، وكيفية تشتت الضوء. وقد صرّحت الجامعة - في التاسع والعشرين من يوليو من العام الحالي - بأن اللجنة الاستشارية سالفة الذكر تضم باحثين في مجال علوم الأرض، ومتخصصين في القوانين والسياسات البيئية والمناخية. ورفض مديرو المشروع التكهّن بالوقت الذي قد يُطلَق فيه المنطاد، بعدما شكلت جامعة هارفارد هذه اللجنة.



DANA BERRY/NASA

أبحاث

اصطدام كوني

التقط كاشفان، أحدهما أمريكي، والآخر أوروبي، موجات جاذبية يُرَجَّح أنها نتجت عن اندماج ثقب أسود مع نجم نيوتروني (في الصورة، انطباع الفنان). التقط «مرصد قياس تداخل موجات الجاذبية بالليزر» - المعروف اختصارًا باسم (ليجو LIGO) - في الولايات المتحدة الأمريكية، و«فيرجو» Virgo في إيطاليا حدثًا محتملًا من هذا النوع للمرة الأولى في شهر إبريل الماضي، غير أن الكشف الأخير الذي حدث في الرابع عشر من أغسطس يتميز بقدر أعلى بكثير من الثقة. يمكن لاندماج ثقب أسود مع جرم أخف، كنجم نيوتروني كثيف، أن يتيح إجراء اختبارات شديدة الدقة لتنبؤات معينة خاصة بنظرية النسبية العامة. استطاع تعاون «ليجو- فيرجو» أن يحدد مصدر موجات الجاذبية الأخيرة بشكل أكثر دقة من أي وقت سابق، مما سمح للمراصد التقليدية البحث عن إشارات أخرى تؤكد الاندماج، غير أن البحث لم يثمر عن شيء.

علم العواصف

قامت مجموعة من الكاميرات الموجهة إلى الأرض من محطة الفضاء الدولية برصد انطلاق مئات الومضات من أشعة جاما، وسط عواصف رعدية. وقد بدأ علماء فيزياء الفضاء في فك الغموض الذي يحيط بكيفية نشأة هذه الانفجارات عالية الطاقة، عبر مقارنتها بالبرق الذي يموج خلال العواصف الرعدية ذاتها. وكشفت البيانات التي وفّرها راصد التفاعلات الفضائية الجوّية (ASIM)؛ الذي يأخذ شكل صندوق مؤلَّف من مجموعة من الكاميرات وأجهزة الاستشعار، أن الانفجارات تتكوّن عندما تمرّ مجالات كهربائية قوية عبر الغلاف الجوي، قبل انتقال صواعق البرق عبر المسار نفسه مباشرةً، إذ تتفاعل الجسيمات المشحونة كهربائيًّا مع الغلاف الجوي، لتنتج ومضات فائقة السرعة من أشعة جاما. وقدّم العلماء هذه النتائج في مؤتمر الاتحاد الدولي للجيوديسيا والجيوفيزياء International Union of Geodesy and Geophysics، الذي عُقِد في مونتريال بكندا في التاسع والثاني عشر من يوليو من العام الجاري (2019).

علم الجينوم

الجينوم الأفريقي

أعلنت شركة أمريكية - نيجيرية متخصصة في علوم الجينوم عن جمْعها مبلغ 4.5 مليون دولار أمريكي؛ لإنشاء ما صرحت بأنه سيكون أكبر بنك حيوي للحمض النووي الأفريقي في العالم، يخدم الأغراض الأكاديمية والتجارية. وفي ذلك الصدد.. صرَّح عباسي إني-أوبونج - مؤسس الشركة سالفة الذكر المسماة «54 جين» 54 gene، ورئيسها التنفيذي - بأن الشركة تهدف في نهاية المطاف إلى سد الثغرة في البيانات الجينومية من الأشخاص المنحدرين من أصول أفريقية. وتتعاون شركة «54 جين» مع أطباء من عشرة مستشفيات نيجيرية؛ لجمْع عينات من متطوعين مصابين بأمراض معينة، مثل: السرطان، وأمراض القلب، وداء السكري، وفقر الدم المنجلي. وتأمل الشركة في جمع 40 ألف عينة بنهاية العام الجاري، كما أنها تتباحث مع حكومات في شرق أفريقيا وغربها؛ بهدف جمع عينات من الدول هناك. ويقول إني-أوبونج إن العائدات المتأتية من الاستخدام التجاري للبيانات ستُرصد لصالح صندوق سيتولى تمويل أبحاث أفريقية، غير أن البيانات لن تُباع لشركات تريد استخدامها لأغراض بخلاف تحسين الصحة.

مراقبة الاتجاهات

وفقًا لدراسة استقصائية، صدرت في الثاني من أغسطس من العام الحالي، وشملت أكثر من أربعة آلاف شخص، فإن الثقة في العلماء تزداد في الولايات المتحدة الأمريكية، إذ وجدت الدراسة - التي أجراها مركز بيو البحثي في واشنطن العاصمة - أن 86% من المشاركين يثقون بقدر "معقول"، أو "كبير" في أن العلماء يعملون على تحقيق المصلحة العامة. وازداد مستوى هذه الثقة بنسبة 10% عما كان عليه في عام 2016؛ وهو أول عام أجرى فيه مركز بيو هذه الدراسة. وبالنسبة إلى المشاركين ممن امتلكوا ثقة كبيرة في أن العلماء يعملون على تحقيق المصلحة العامة، فقد ارتفعت مستويات هذه الثقة من 21% في عام 2016 إلى 35% في عام 2019. وتضاهي نسبة مَن يثقون بقدر معقول أو كبير في العلماء نسبة الثقة العامة في الجيش، وذلك بعكس نتائج عام 2016، عندما كان مستوى الثقة في الباحثين أقل بقليل من مستوى الثقة في الجيش. وقد شمل استطلاع مركز بيو 4464 شخصًا، تزيد أعمارهم على 18 عامًا، عبر جميع الولايات الأمريكية الخمسين، ومقاطعة كولومبيا. وبشكل عام.. أظهر المشاركون في الدراسة الاستقصائية، ممن يتمتعون بدراية علمية أكبر، ثقةً أكبر في أن العلماء يعملون من أجل المصلحة العامة. وأفاد أشخاص بأن توفير الوصول المفتوح إلى البيانات، بالإضافة إلى إجراء مراجعات مستقلة على نتائج الدراسات، قد عزز ثقتهم في نتائج الأبحاث.

نثق في العلماء

في الولايات المتحدة الأمريكية، أخذت نسبة ثقة البالغين في الباحثين في التزايد منذ عام 2016، وتضاهي نسبة الثقة العامة في الجيش.

■ قدر كبير من الثقة ▨ قدر معقول من الثقة

العلماء: 2016، 2019

الجيش: 2016، 2019

الزعماء الدينيون: 2016، 2019

وسائل الإعلام الإخبارية: 2016، 2019

100 80 60 40 20 0

نسبة البالغين الأمريكيين ممن يملكون قدرًا كبيرًا أو معقولًا من الثقة في عمل فئة بعينها من أجل المصلحة العامة العليا (بالنسبة المئوية)

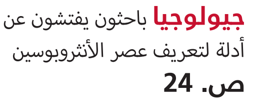
SOURCE: PEW RESEARCH CENTER; HTTPS://GO.NATURE.COM/2TCC9TF

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية


COMMUNICATIONS
BIOLOGY



أخبـــار في دائرة الضوء





JOHN WESSELS FOR NATURE

إحدى العاملات في مجال الصحة بمدينة كاتوا تُطعِّم رجلًا ضد فيروس الإيبولا.

أمراض مُعدية

باحثو الإيبولا يفتشون عن علاج في منطقة حرب

استمرار التجارب الإكلينيكية في جمهورية الكونغو الديمقراطية، رغم أعمال العنف.

إيمي ماكْسمن

في أحد مراكز علاج المصابين بفيروس الإيبولا، أخذت شاشات مراقبة القلب والمؤشرات الكيميائية الحيوية تومض بجوار امرأةٍ متقوقعة على سرير قابل للطيّ. كان سريرها محاطًا بمكعبٍ من البلاستيك الشفاف لاحتواء الفيروس، فيما يجري في أوردتها عقارٌ تجريبي.

تَسارَع سباق تصنيع علاجاتٍ فيروس الإيبولا، منذ أن اجتاح الوباء - الأضخم في التاريخ - غرب أفريقيا بين عامي 2014، و2016، إذ ألحق العلماء الذين يحاولون التصدي للتفشي المستمر للفيروس في جمهورية الكونغو الديمقراطية (DRC) أكثر من 500 مشارِك بدراسةٍ غير مسبوقة على مجموعةٍ من العقاقير التجريبية، وطعَّموا حوالي 170 ألف شخصٍ تقريبًا، ووضعوا تسلسل جينومات أكثر من 270 عينة من فيروس الإيبولا.

يقول ديفيد هيمان، عالِم الوبائيات في كلية لندن للصحة العامة وطب المناطق الاستوائية: "تُعَد التجارب والتدابير التي اتُّخذت إبان هذا التفشي إنجازًا مهمًّا في مجال الأبحاث العلمية الدقيقة القيِّمة، وسنتوصل إلى إجاباتٍ حاسمة".

والوضع في حاجة ماسَّة بالفعل إلى إحراز أي تقدُّم.. فالوباء الذي ضرب جمهورية الكونغو الديمقراطية منذ عام هو ثاني أكبر وباء مُسجَّل حتى الآن، وأول وباء يضرب منطقة حرب. وقد أعاقت أعمال العنف جهود احتواء الفيروس، مما دفع منظمة الصحة العالمية (WHO) إلى إعلان الوضع "حالة طوارئ صحية عامة ذات مخاوف دولية"، وذلك في يوم 17 يوليو الماضي، إذ أصيب أكثر من 2600 شخص في جمهورية الكونغو الديمقراطية بفيروس الإيبولا، وتوفي 1700 شخص تقريبًا.

أجبر العمل في منطقة نزاع كهذه الباحثين على التكيف، والتحلي بمثابرةٍ مذهلة؛ فقد تعلموا كيف يُجْرُون دراساتٍ دقيقة وسط مناطق يشيع فيها القتل، والاختطاف، وإشعال الحرائق، ويتعرض فيها المسعفون لهجماتٍ متكررة. ورغم أنَّ إحراز التقدم في مجال الطب الحيوي وحده غير كافٍ لهزيمة الإيبولا، فإن العلماء الذين يدرسون هذا الوباء ما زالوا يأملون في أنْ تساعدهم معرفتهم المتزايدة بالمرض في القضاء عليه، والحد من تفشيه في المستقبل. ◀

يقول جون جاك مويمبي تامفوم، وهو متخصص في الأحياء الدقيقة، ساعد في اكتشاف فيروس الإيبولا، ويدير حاليًّا المعهد الوطني للبحوث الطبية الحيوية (INRB) في كينشاسا: "الأمر ليس سهلًا، فأنت تقوم بهذا العمل، بينما الناس يطلقون النار".

يعمل مويمبي مع باحثين كونغوليين آخرين على ضمان الاستفادة من أي تقدُّمٍ علمي متعلق بالإيبولا في جمهورية الكونغو الديمقراطية، التي شهدت حالات تفشٍ للفيروس أكثر من أي دولةٍ أخرى. ويعلق سابوي مولانجو - الباحث المتخصص في الأمراض المُعدية بالمعهد الوطني للبحوث الطبية الحيوية - قائلًا: "مِن المهم للغاية أن تُجرى الأبحاث هنا، لأنَّ الإيبولا هي مشكلتنا نحن في نهاية المطاف".

واجه مويمبي فيروس الإيبولا للمرة الأولى في عام 1976، عندما كان يفحص عددًا هائلًا من الوفيات في يامبوكو، وهي قرية تقع شمال جمهورية الكونغو الديمقراطية. وفيما كان يجمع عيناتٍ من دماء المرضى، لاحظ أنَّ الجروح لا تلتئم؛ لعدم تجلط الدم. ويقول عن ذلك: "كانت أصابعي تُغطَّى بالدماء". أُرسِلَت العينات إلى مختبراتٍ في مدينة أنتويرب ببلجيكا، وفي مدينة أتلانتا بولاية جورجيا الأمريكية، حيث تمكَّن علماء الفيروسات من عزل فيروس "الإيبولا"، وسمَّوه كذلك نسبةً إلى النهر الذي يغذي قرية يامبوكو.

لم يعرف العلماءُ إلا القليل عن الفيروس حتى عام 1995، عندما أدّى وباءٌ اجتاح قرية كيكويت بجمهورية الكونغو الديمقراطية إلى مقتل 245 شخصًا في ستة أشهر. ووَثَّق مويمبي، وهيمان، وباحثون آخرون كيف يسبب الفيروس للمريض نزيفًا داخليًّا يستمر إلى أن تتوقف أعضاؤه عن تأدية وظائفها. ولما كان مويمبي في حاجة ماسة إلى العثور على علاج، نقل دمًا ممن تمكّنوا من مقاومة فيروس الإيبولا إلى ثمانية أشخاصٍ ينازعون المرض، ظنًّا منه أنَّ دماءهم غنية بأجسامٍ مضادة للفيروس. وبالفعل نجا منهم سبعة أشخاص.

فشلت دراسات لاحقة أُجريت على القردة في المعهد الوطني الأمريكي لأمراض الحساسية والأمراض المعدية (NIAID) في بيثيسدا بولاية ميريلاند في تكرار النتائج، إلا أن مويمبي رفض الاستسلام. ويسترجع الأمر قائلًا: "كنتُ أقول في نفسي إنَّه لا بد من وجود حقيقةٍ ما هنا".

وفي عام 2006، أرسل مويمبي اثنين من الناجين من قرية كيكويت إلى ذلك المعهد، حيث عمل باحثون - من بينهم مولانجو - على عزل الأجسام المضادة في دماء المتطوعَين، وفحْصها. وطُوِّرَ بناءً على هذه الدراسة أحدُ العقاقير التي جرى اختبارها في التفشي الأخير، وهو عقار mAb114.

كان هذا العقار واحدًا من عدة عقاقير تجريبية، أجازت حكومة جمهورية الكونغو الديمقراطية استخدامها كعقاقير رحيمة، (وهي تلك النوعية من العلاجات غير المصرح بها، ولكنها تُستخدَم في الحالات الميؤوس منها)، وذلك قبل وقتٍ قصير من الإعلان عن تفشي الوباء في أغسطس 2018. كان مِن ضمن العقاقير التي أُجيزت أيضًا عقاران آخران معتمدان على الأجسام المضادة، وهما: ZMapp، وREGN-EB3، بالإضافة إلى عقارٍ مضاد للفيروسات، يُسمَّى «ريمديسيفير» Remdesivir.

أصَرّ الباحثون على إجراء تجربةٍ إكلينيكية، بغية تحديد أيٍّ من هذه العلاجات أكثر فاعلية. وبرَّر هذا أنتوني فاوتشي - مدير المعهد الوطني الأمريكي لأمراض الحساسية والأمراض المعدية - قائلًا إنَّه "سيكون من المُحبِط أن تَستخدم هذه التدخُّلات العلاجية، لكنْ عند دَحْر الوباء، تكتشف أنَّ معرفتك لم تزدد عمَّا كانت عليه في البداية".

وضع فاوتشي وعلماء آخرون مخططًا لتجربة إكلينيكية عشوائية تُقارِن بين العقاقير الأربعة، وتضمن أنْ يحصل كل شخصٍ من المشاركين في التجربة على واحدٍ منها. وكان مخطَّطهم المبتكر يسمح بإيقاف التجربة، ثم استئنافها حسب الحاجة. وتبيَّنت مع الوقت أهمية هذه المرونة وسط العنف المتواصل في منطقة جراند نورد، التي ينتشر فيها فيروس الإيبولا.

"الناس يريدون قتلي"

يتأثر كل وجه من أوجه التفشي بالتاريخ الطويل للصراعات والأزمات في المنطقة. فقد عانى السكان على مدى أكثر من عقدين من إرهاب الجماعات المسلحة، ناهيك عن استغلال موارد المنطقة، وانعدام الاستقرار السياسي. وقد تمخض ذلك عن حالةٍ من الارتياب في السلطات – ومن بينها العاملون الأجانب في مجال الصحة - وشيوع نظريات مؤامرة حول أسباب انتشار فيروس الإيبولا. وإحدى الشائعات المنتشرة هي أنَّ مسعفي الإيبولا يحقنون الناس بمادةٍ قاتلة في مراكز العلاج ومواقع التطعيم.

تسببت هذه الأفكار المغلوطة في شن مائتي هجوم تقريبًا حتى الآن على مسعفي الإيبولا ومراكز العلاج خلال هذا العام، وذلك حسب ما ذكرته منظمة الصحة العالمية. وأسفرت تلك الهجمات عن مقتل سبعة أشخاص، وإصابة 58 آخرين.

وللتكيف مع حالة الصراع هذه، يعطي الباحثون الإكلينيكيون في مركزٍ لعلاج الإيبولا بمدينة بيني - تقوم على تشغيله المؤسسة الخيرية الفرنسية الطبية «أليما» ALIMA - هواتف محمولة للمرضى الذين يغادرون المركز. يتيح ذلك لهم التواصل مع المركز في حالة استمرار أي أعراض، حتى إذا تسبب العنف في الحيلولة دون ذهابهم إلى المركز؛ لمتابعة حالاتهم في المواعيد المقررة. يستخدم كثيرٌ من الأشخاص هذه الخدمة كخطٍّ هاتفي للاستغاثة في حالات الطوارئ، حسبما قالت إيميلي جودا، مسؤولة الدعم في مؤسسة «أليما». وأوضحت إيميلي قائلة: "يتصل بنا أحد المرضى أحيانًا قائلًا: الناس يريدون قتلي، أو أريد أن أقتل نفسي".

"إنك تقوم بهذا العمل، بينما الناس يطلقون النار".

ورغم هذه الأجواء الصعبة، تقترب تجربة العقاقير من بلوغ هدفها في دراسة آثار العقاقير على 545 مشاركًا، وهو ما يُفترض أن يُمَكِّن الباحثين من التوصل إلى استنتاجاتٍ حاسمة بشأن فاعلية العقاقير. ويُذكر أن هناك بالفعل مؤشرات على فاعلية تلك العلاجات؛ إذ انخفض معدل الوفيات في مراكز علاج الإيبولا (حيث يتلقى كل مريض واحدًا من العقاقير التجريبية) إلى نسبة 35-40%، مقارنةً بالمعدل العام الذي يبلغ 67% لهذا الوباء. ويمثل هذا الرقم الأخير العدد الكبير من الأشخاص الذين توفوا في منازلهم، أو في المنشآت غير المجهَّزة لعلاج الفيروس.

أعاق العنفُ أيضًا جهود التطعيم.. فقبل بضعة أشهرٍ، سمع ديالو عبد الرحمن - منسق جهود نشر اللقاح بمنظمة الصحة العالمية - عن رجلٍ في مدينة كاتوا، كان فريقه قد طَعَّمَه بلقاحٍ تجريبي لفيروس الإيبولا من إنتاج شركة «ميرك» Merck للأدوية. وكان الرجل قد أخبر المتشككين ممن كانوا يشاهدونه من أهل المنطقة وهو يتلقّى اللقاح أنَّه سيَقِيه من المرض. ويتابع عبد الرحمن رواية ما حدث قائلًا: "لكنْ بعد مغادرة الفريق، أتى جيران المريض، وأحاطوا به ليلًا، وقالوا له: أنت الشخص الذي يساعد على جلب فيروس الإيبولا إلى منطقتنا، ثم قتلوه".

دفعت هذه الواقعة المأساوية عبد الرحمن وزملاءه إلى تغيير طريقة التطعيم.. فبدلًا من إنشاء موقع للتطعيم بالقرب من منازل مَعارِف المريض، أتاح هؤلاء العلماء لهم خيار تلقِّي التطعيم في بلداتٍ مجاورة، وأطلقوا على تلك المراكز «مراكز التطعيم المؤقتة».

ابتكر الفريق أيضًا استراتيجيةً للتطعيم عندما تزيد أعمال العنف من خطورة تتبُّع مَعارِف المريض. ظهرت تلك الاستراتيجية عندما بدأ فيروس الإيبولا ينتشر وسط الميليشيات في شرق جمهورية الكونغو الديمقراطية. ويقول عبد الرحمن عن ذلك الأمر: "إذا وافقوا على الحصول على اللقاح، لا يريدوننا عادةً أن نذهب إليهم بصحبة رجال الأمن"، أي ضباط الجيش والشرطة. ويضيف قائلًا: "لذلك.. نذهب دون حمايةٍ أمنية، لكنَّنا لا نرغب حينها في البقاء طويلًا".

وجدير بالذكر أنَّ الهجمات التي تستهدف مسعفي وباء الإيبولا أحبطت الخطط الرامية إلى وضع تسلسل جينومات الفيروس في كاتوا، إذ أُضرِمت النيران في أحد مراكز العلاج هناك في شهر فبراير، وأُطلق عليه النار في شهر مارس، وفي إبريل قُتل عالِم وبائيات - تابع لمنظمة الصحة العالمية - في مدينة بوتمبو القريبة. وفي الوقت الحالي، يرسل المعهد الوطني للبحوث الطبية الحيوية معظم عينات الدم المأخوذة من مرضى الإيبولا في جميع أنحاء الدولة إلى كينشاسا، وذلك لإجراء التحليل الجينومي عليها.

في غروب أحد أيام منتصف يونيو الماضي، فيما كان البعوض يملأ حرم المعهد، والماعز تجول في المرج، كان عالِم الأحياء الدقيقة ستيف أهوكا يستريح قليلًا للمرة الأولى في ذلك اليوم، حيث كان هو وزملاؤه مثقلين بالعمل منذ بدء تفشِّي الوباء، إذ أكدت التحليلات الجينية الأولى التي أجراها العلماء على عينات فيروس الإيبولا أنَّ اللقاح الذي أنتجته شركة «ميرك»، المسمى rVSV-ZEBOV، يمكنه أن يستحث استجابةً مناعية فعّالة. والآن، يهرع العلماء لوضع تسلسل جينومات عينات فيروسية مأخوذة من مناطق طالها فيروس الإيبولا للتو. وبمقارنة هذه البيانات بالتركيب الوراثي لعينات فيروس الإيبولا التي جُمعت من أماكن أخرى، يمكنهم تحديد المكان الذي أُصيبَ فيه المرضى بالفيروس. يَستخدم العاملون في مجال الصحة هذه البيانات لتعَقُّب الأشخاص الآخرين الذين ربما يكونون قد تعرضوا للفيروس.

ويستخدم المعهد الوطني للبحوث الطبية الحيوية التمويل الذي وفّرته الحكومة اليابانية لإنشاء بنكٍ حيوي لحفظ عينات الدم المحتوية على فيروس الإيبولا. وسيصبح بمقدور العلماء من خارج جمهورية الكونغو الديمقراطية أن يتقدموا بطلباتٍ لدراسة العينات المحفوظة في كينشاسا، لكنَّ الحكومة لن ترسل العينات خارج البلاد. ويعلق أهوكا - الذي سبق له العمل في معملٍ للأحياء الجزيئية في غينيا خلال تفشي الوباء من عام 2014 إلى عام 2016 – على ذلك قائلًا: "لا نريد تكرار ما حدث في غرب أفريقيا. فقد عالجنا عيناتٍ كثيرة، مفترضين أنَّها ملكٌ للدولة، وفي النهاية أُرسِلَت جميعها إلى الخارج".

كثيرٌ من الأوراق البحثية وبراءات الاختراع، المستندة إلى عينات الدم التي جُمعت أثناء وباء غرب أفريقيا، نشرها علماءٌ تابعون لمؤسساتٍ في الولايات المتحدة وأوروبا. وقد سبَّبَ ذلك إحباطًا للباحثين في الدول التي اجتاحها الفيروس، الذين كانوا يأملون في أن تُعزِّز دراسة الوباء من قدرتهم على التصدي لحالات التفشِّي القادمة.

يتفهم هيمان - الذي سبق له التعاون مع مويمبي في كيكويت قبل خمسة وعشرين عامًا - موقف الباحثين الكونغوليين، ويوضح قائلًا: "حريٌّ بنا أن نسعى لِأَنْ يصبحوا قادرين على فعل ذلك بأنفسهم، لأنَّهم أفضل مَن يعرف ثقافتهم". ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

طوبولوجيا

مواد غريبة تخطف أنظار علماء الفيزياء

«الطوبولوجيا الهشة» هي آخِر الظواهر الكَمّية التي تُكْسِب المواد خصائص غريبة.

دافيديه كاستيلفيكي

لا تنفك الرياضيات الكامنة داخل المواد تزداد غرابة، فالحالات الطوبولوجية للمادة – التي تستمد خصائص غريبة من الحالات الكمية "المعقدة" لإلكتروناتها – سرعان ما تحولت من مصدر فضول نادر إلى أحد أكثر حقول الفيزياء إثارة للاهتمام. ويرى واضعو النظريات الآن أن الطوبولوجيا واسعة الانتشار، وينظرون إليها باعتبارها أحد أهم الطرق التي تفسر السلوك الذي يمكن أن تتخذه المادة الصلبة.

واكتشف علماء الفيزياء، خلال السنوات القليلة الماضية، نسخة "هشة" من الطوبولوجيا التي قد تحدث في جميع المواد الصلبة البلورية تقريبًا، وذلك وفقًا لما ورد في إحدى نُسَخ ما قبل النشر في مايو الماضي[1]. وتصف دراسة[2] أخرى - نُشرت في يونيو الماضي - علامات على حالة هشة في إلكترونات جهاز كربوني، يمكن أن تكون أول دليل تجريبي على الطوبولوجيا الهشة.

ومِن المبكر للغاية أن نجزم بأنّ هذه الاكتشافات سيكون لها تأثير كبير على المواد المستخدمة فعليًّا، أم لن يكون لها تأثير، غير أن الباحثين يشيرون إلى أنها قد تساعد على تفسير أنواع معينة من القدرة على التوصيل الفائق، وقد تكون مهمة في علم الضوئيات، أي في التقنيات التي تخزِّن المعلومات في نبضات ضوئية، وليس في إلكترونات.

ويقول آشفين فيشواناث-عالِم الفيزياء النظرية، المتخصص في المادة المكثفة، بجامعة هارفارد في كامبريدج بولاية ماساتشوستس - إن أحدث الدراسات تظهر أن الطوبولوجيا الهشة "ليست مجرد مجال أكاديمي ثوري محير للغاية، ينغمس فيه العلماء"، ويضيف قائلًا: "إنني أجد صعوبة في مواكبة هذا المجال، على الرغم من أن عمره عام واحد فقط".

إن الطوبولوجيا هي ذلك الفرع من الرياضيات الذي يتناول التشوهات التي تعيد تشكيل الأجسام باستمرار، في مقابل تلك التي تقطع الأجسام، أو تكسرها، بالطريقة التي يؤدي فيها قَطْع حلقتين متصلتين إلى فصل إحداهما عن الأخرى. وفي بعض المواد، قد توجد الإلكترونات في حالات كمية "معقدة"، وهذه الحالات يمكن أن تُبقِي الإلكترون مستمرًا في الحركة في اتجاه بعينه؛ لأن تعديل المسار سيقتضي تغييرًا مفاجئًا في حالته، أشبه بقَطْع عُقْدة. ونتيجة لذلك، تحتفظ المواد بخصائصها الفيزيائية المميزة، مما يجعل بعض المواد، التي تسمى «عوازل طوبولوجية» – على النقيض من أسمائها – موصلات مثالية في حوافها الخارجية، وفي الوقت نفسه يكون أغلب المادة عازلًا.

قد تشكِّل الموادُ ذات الخصائص "الطوبولوجية القوية"، التي تؤوي هذه التأثيرات القوية، نواةَ الحواسيب الكمية الطوبولوجية المستقبلية، التي يمكن أن تحل مسائل معينة بشكل أسرع بكثير من الحواسيب التقليدية.

تنشأ الخصائص الطوبولوجية القوية من سلوكيات غريبة في الحالات الكمية للإلكترونات؛ فنجد بعض الإلكترونات بدلًا من أن يتمركز حول ذرات فردية، كما يفعل في عازل تقليدي، فإنه في المادة الطوبولوجية يكون في حالة "عدم تمركز"، ويشترك في حالات كَمّية جماعية تغطي الجزء الأكبر من المادة.

وقد قَدَّرَ واضعو النظريات أن هناك مواد تمتلك إلكترونات "غير متمركزة"، ومع ذلك.. لا تُظْهِر خصائص طوبولوجية قوية. وبعبارة أخرى.. تمثل المواد ذات الخصائص الطوبولوجية القوية فئة واحدة فقط وسط تصنيفات هائلة من حالات عدم التمركز؛ من بينها تلك الحالات الإلكترونية المحصَّنة ضد الاضطرابات الصغيرة، لكنها مع ذلك لا تتمتع بالقَدْر نفسه من القوة الذي تتمتع به الحالات الطوبولوجية القوية. ويمكن جَعْلها طبيعية – على سبيل المثال - عن طريق تغيير الشوائب المختلطة في البلورة قليلًا. ويُذكر أنه في عام 2018 أطلق فريق فيشواناث على هذه الظاهرة اسم "الطوبولوجيا الهشة".

اكتشاف محير

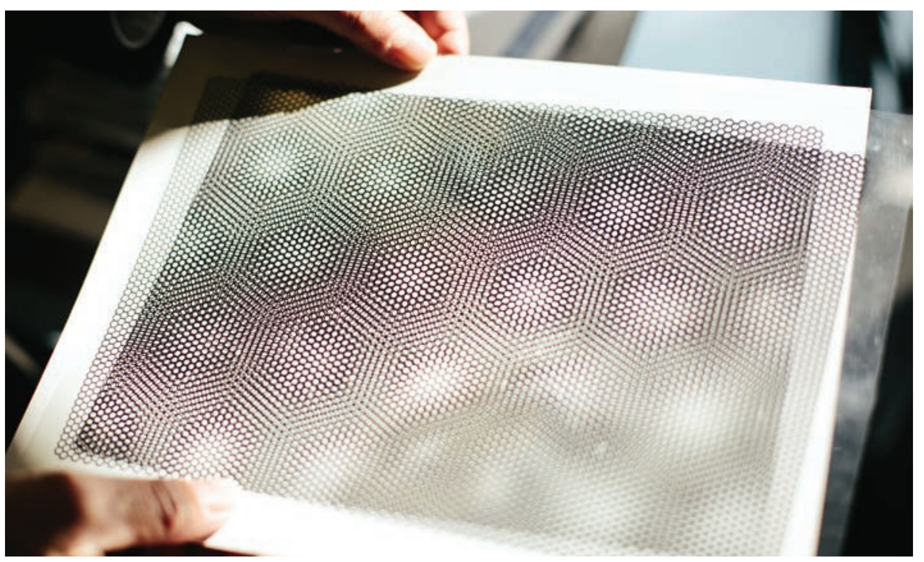
في البداية، لم يكن علماء الفيزياء متيقنين من أهمية الطوبولوجيا الهشة، لكن هذه النظرة تغيرت بعد اكتشاف مذهل، حدث في عام 2018؛ إذ توصل علماء الفيزياء، إلى أنه يمكن لطبقتين متراصتين من الجرافين - وهو شكل من أشكال الكربون، سُمْكه ذَرّة واحدة - أن تصبحا موصلتين فائقتين عندما تكونان متراصتين بشكل غير منضبط عند زوايا "سحرية" معينة، وتنقلا الكهرباء بمقاوَمة منعدمة. وسرعان ما قَدَّر فيشواناث - وغيره من العلماء - أن حالات إلكترونية بعينها في هذا الجرافين المنحرف تُظهِر خصائص طوبولوجية هشة. ويقول فيشواناث: "كنا نعتقد أن هذه الخصائص الطوبولوجية الهشة ليس لها استخدامات، إلى أنْ ظهر هذا الاكتشاف المذهل". وما زال هناك غموض في الوقت الراهن حول حقيقة أن الحالات الطوبولوجية الهشة تلعب بالفعل دورًا في جعْل الجرافين المنحرف موصلًا فائقًا. وفي حين أن الخصائص الطوبولوجية القوية تظهر بطرق معروفة، وقابلة للقياس، قد تظهر الخصائص الطوبولوجية الهشة بشكل غير ملحوظ، ويصعب قياسه.

ومع ذلك.. يقول بعض علماء الفيزياء إن الطوبولوجيا الهشة ستؤثر حتمًا على سلوك المواد، لأنها أكثر انتشارًا من الخصائص الطوبولوجية القوية. فقد أشارت دراسات إلى أن ربع المواد فقط يتمتع بخصائص طوبولوجية قوية، في حين أن جميع المواد تقريبًا لديه بعض الإلكترونات في حالات طوبولوجية هشة، حسبما أفاد علماء الفيزياء في شهر مايو[1] الماضي.

وقد بدأت أُولَى الإشارات التجريبية على الطوبولوجيا الهشة في الظهور مؤخرًا، حيث كشفت دراسة نُشرت في دورية *Nature*[2] في يونيو الماضي عن دليل على طوبولوجيا هشة في طبقة مزدوجة من الجرافين غير المنحرف؛ إذ كان الباحثون يعكفون على صنع عازل طوبولوجي، عن طريق إقحام الجرافين بين طبقات مادة أخرى ثنائية الأبعاد، ثم استخدام مجال كهربائي. ومع تغيير شدة المجال الكهربائي، سَجَّل الباحثون الإلكترونات التي تتحرك عند حافة الجهاز، كما هو متوقَّع في العوازل الطوبولوجية، غير أن قياسات أخرى أظهرت أن ذلك قد لا يكون عازلًا طوبولوجيًّا تقليديًّا. ولذلك.. لجأ الباحثون إلى زميل متخصص في النظريات، أدرك بدوره أن هذا كان بمثابة أول إشارة تجريبية على حالة هشة طوبولوجيًّا.

يقول باري برادلين، عالِم الفيزياء النظرية من جامعة إلينوي في أوربانا-شامبين: "على الرغم من أنه لا يزال يتعين علينا معرفة ما إذا كان سيصبح للطوبولوجيا الهشة تطبيقات كثيرة، أم لا، إلا أن الأمر مثير للاهتمام بالنسبة إلى عالِم نظريات". كما يشير إلى أن هذه الطوبولوجيا الهشة "تتحدى العِلْم التقليدي" فيما يتعلق بالكيفية التي من المفترَض أن تعمل بها حالات الإلكترون في المواد. ■

1. Song, Z., Elcoro, L., Regnault, N. & Bernevig, B. A. Preprint at https://arxiv.org/abs/1905.03262 (2019).
2. Island, J. O. *et al. Nature* https://doi.org/10.1038/s41586-019-1304-2 (2019).
3. Cao, Y. *et al. Nature* **556**, 43–50 (2018).
4. Cao, Y. *et al. Nature* **556**, 80–84 (2018).



JULIETTE HALSEY FOR NATURE

يبدو أن طبقات الجرافين المتراصة بشكل غير منضبط تُبْدِي ظاهرة تُعرف باسم «الطوبولوجيا الهشة».

علوم الكونيات

خريطة للسماء.. لرصد تطورات الطاقة المظلمة

سيُجْرِي تليسكوب في أريزونا مسحًا للمجرّات؛ لوضع تصوُّر لـ11 مليار سنة مضت من التاريخ الكوني.



تليسكوب مايال، الذي يبلغ قطر مرآته الرئيسة 4 أمتار، في مرصد كيت بيك الوطني بالقرب من توكسون.

JOHN BRILEY FOR THE WASHINGTON POST/GETTY

دافيديه كاستيلفيكي

إن علماء الفلك بصدد بدء المشروع الأكثر طموحًا على الإطلاق لرسم خرائط لبعض المجرّات. فعلى مدار السنوات الخمس المقبلة، سوف يستخدمون تليسكوبًا في أريزونا، عُدِّل، لتُضاف إليه آلاف الأذرع الروبوتية الصغيرة؛ وذلك بهدف التقاط الأطياف الضوئية القادمة من 35 مليون مجرّة، ووضع تصوُّر لتاريخ تمدُّد الكون. وهدفهم الرئيس هو توضيح طبيعة الطاقة المظلمة، تلك القوة الغامضة التي تدفع تمدُّد الكون إلى التسارع بمعدلاتٍ أكبر من أي وقتٍ مضى.

ومن المقرر أن يبدأ تشغيل أداة التحليل الطيفي لرصد الطاقة المظلمة (DESI) لأول مرة في شهر سبتمبر. وبعد انتهاء فترة الفحص والتشغيل التجريبي، يمكن للأداة البدء في مسح السماء الشمالية بحلول شهر يناير من عام 2020، باستخدام تليسكوب مايال، الذي يبلغ قطر مرآته الرئيسة 4 أمتار في مرصد كيت بيك الوطني بالقرب من توكسون. وتوفر وزارة الطاقة الأمريكية (DOE) حوالي ثلاثة أرباع ميزانية تشغيل الأداة، البالغة تكلفتها 75 مليون دولار أمريكي، وتسهم أيضًا المملكة المتحدة وفرنسا بمبالغ كبيرة في تشغيلها.

وهذه الأداة هي الأولى ضمن جيلٍ من تجارب تهدف إلى دراسة تمدُّد الكون في الماضي، التي بدأت بعد عقدين من اكتشاف أول دليلٍ قوي على وجود الطاقة المظلمة في عام 1998. وتتضمن التجارب الأخرى مراصد أرضية وفضائية، من المقرر أن يبدأ تشغيلها في عشرينيات القرن الحالي.

وسوف يضع هذا المسح تصوُّرًا لـ11 مليار سنة مضت من التاريخ الكوني. وبذلك.. يمكنه أن يجيب عن السؤال الأول والأهم عن الطاقة المظلمة: هل هي قوة ثابتة عبر المكان والزمان، أم أنَّ تأثيرها تطور عبر الدهور؟

سيتتبع هذا المسح التمدُّد الكوني عبر قياس خاصية ميّزت الكون المبكر، تُعرف بالذبذبات الصوتية للباريونات (BAOs)، وهي تموجات في كثافة المادة، خلَّفت وراءها أثرًا شبيهًا بالكرات في الفضاء، تجمعت حوله المجرّات. وتتوزع المجرات بأعلى كثافة عند مركز هذا الأثر (في منطقة تُسمَّى بالعنقود المجرّي الهائل)، وحول حوافه، مع وجود فراغاتٍ عملاقة بين هذه المناطق.

"في غضون أشهر قليلة، سنحرز إنجازًا أكبر مما تحقق لدينا في مشروع المسح الطيفي لرصد تذبذب الباريونات".

تكونت العناقيد المجرِّية الهائلة في مناطق تركزت فيها المادة المظلمة تحت تأثير قوة الجاذبية الخاصة بهذه المادة، وهي مادة غير مرئية، تُحفِّز تكوُّن هذه البِنَى الهائلة.

مسطرة كونية

ظل هذا النمط الأوَّلي لتكوُّن العناقيد المجرِّية دون تغيير منذ ما بعد «الانفجار الكبير» بحوالي مليون عام. ومع نمو الكون، تبعت تمدده تلك الذبذبات الصوتية للباريونات، ووصل عرضها الآن إلى 320 ميجا فرسخ فلكي (ما يعادل مليار سنة ضوئية). ويستخدم علماء الكونيات هذه المسافة كمسطرة؛ فعن طريق تتبُّع حجم الذبذبات الصوتية للباريونات عبر الزمن، يمكنهم وضع تصوُّر للكيفية التي تَمَدَّد بها الكون.

يقول دانيال آيزنشتاين، الفيزيائي بجامعة هارفارد في كامبريدج والمتحدث باسم المشروع: "النمط في الخرائط ثابت تقريبًا؛ وحجم الكون آخذ في التزايد".

إنّ تتبُّع الذبذبات الصوتية للباريونات يتطلب خريطةً ثلاثية الأبعاد للمجرّات، وهذه توضع من خلال قياس قيم انزياحها نحو الأحمر، أي استطالة الموجات الكهرومغناطيسية في أطيافها الضوئية. وتُستخدَم ظواهر الانزياح نحو الأحمر كمقياس لسرعة ابتعاد مجرّة ما عن مجرّة درب التبانة، وهو ما يوضح مدى بُعد تلك المجرة.

وكلما قيست قِيَم أكثر من قيم الانزياح نحو الأحمر، زادت دقة تتبُّع الذبذبات الصوتية للباريونات. ووجد آيزنشتاين وآخرون البصمة المميزة للذبذبات الصوتية للباريونات في مسوحٍ مجرِّية سابقة، وبالأخص في مشروع المسح الطيفي لرصد تذبذُب الباريونات (BOSS) في الولايات المتحدة، و«مشروع المسح المجرِّي للانزياح نحو الأحمر بحقل رؤية مقداره درجتان» Two-degree-Field Galaxy Redshift Survey في أستراليا. وتمكنت تلك المسوح معًا من رسم خرائط ما يقرب من 2.4 مليون مجرة.

إنّ عدد المجرات الذي ستتمكن أداة التحليل الطيفي لرصد الطاقة المظلمة من تتبُّعه سيفوق المسوح السابقة بحوالي عشر مرات. ويقول مايكل ليفاي، وهو فيزيائي في مختبر لورانس بيركلي الوطني (LBNL) بكاليفورنيا، ومدير مشروع الأداة: "في غضون أشهر قليلة، سنحرز إنجازًا أكبر مما تحقق لدينا في مشروع المسح الطيفي لرصد تذبذُب الباريونات".

ستحقق الأداة تلك القفزة في الأداء بفضل تصميمها المختلف جذريًّا. فأجهزة المسح - مثل جهاز مشروع المسح الطيفي لرصد تذبذُب الباريونات - كانت تستخدم أليافًا ضوئية موضوعة في ثقوب، ومحفورة في ألواح معدنية مُصنَّعة خصيصًا، لالتقاط الضوء القادم من كلِّ مجرّة، وتوصيله إلى جهاز تحليل طيفي منفصل؛ لقياس مقدار الانزياح نحو الأحمر، لكن كانت هناك حاجة إلى تغيير الألواح في كل مرة يُقاس فيها قطاعٌ مختلف من السماء، مما جعل هذه العملية بطيئةً.

إنّ أداة التحليل الطيفي لرصد الطاقة المظلمة ستستبدل خمسة آلاف ذراع روبوتي صغير - مصفوفة في نمط مُحكَم على هيئة خلية نحل - بتلك الألواح المعدنية. ويشرح جوزيف سيلبر، وهو مهندس ميكانيكي في مختبر لورانس بيركلي الوطني، قاد تصميم وبناء هذا النظام الآلي للأداة، أنَّه بمجرد سقوط صور المجرّات على المستوى البؤري للتليسكوب، حيث يبلغ عرض الصورة حوالي 100 ميكرومتر، فإنَّ الأذرع الروبوتية تغيِّر بسرعة وضع الألياف الضوئية، لتصبح على مسافةٍ لا تزيد على 10 ميكرومترات من مركز كل صورة.

ويمكن إعادة تهيئة المستوى البؤري لأداة التحليل الطيفي لرصد الطاقة المظلمة؛ لرصد قطاع آخر من السماء في غضون دقائق قليلة. والعقبة الرئيسة التي تواجهها الأداة تتمثل في طول مدة التعرُّض المطلوبة لالتقاط ما يكفي من الضوء. وتبعًا للموسم، وظروف الطقس، يمكن للأداة أن تتعرض لضوء الصور 30 مرة أو أكثر كل ليلة، وفي كل مرة منها تأخذ آلاف القياسات لقيم الانزياح نحو الأحمر.

استخدَمت تجارب فلكية أخرى من قبل أذرع روبوتية، لتعديل وضع الألياف البصرية، لكن سيلبر يقول إنَّ "هذه الأداة بالتأكيد هي أكبر أداة تُجرَّب حتى الآن".

وبالإضافة إلى دراسة الطاقة المظلمة، ستدرس الأداة دور المادة المظلمة في نمو المجرّات والعناقيد المجرِّية، عن طريق قياس الحركة في تلك العناقيد، حسب قول ناتالي بالانك-ديلابرويل، المتحدثة باسم مشروع الأداة، وعالمة الكونيات في «مركز بحوث ساكلاي»، الواقع خارج باريس، والتابع للهيئة الفرنسية للطاقات البديلة والطاقة الذرية (CEA). فهي تقول إنَّ هذا من شأنه أن يوفر "اختباراتٍ مُحكمة" للنماذج المفضلة المقترحة؛ لتفسير الكيفية التي تحفز بها المادة المظلمة نمو البِنَى الضخمة. ■

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الصحة العامة

المواد الأفيونية والإصابة بالعدوى في أمريكا

يسعى الباحثون في جميع أنحاء البلاد جاهدين، من أجل اكتشاف حالات تفشّي العدوى، وفهْمها.

سارة ريردون

يـودي إدمـان المـواد الأفيونيـة بـأرواح عشـرات الآلاف من النـاس في الولايـات المتحدة الأمريكيـة كل عـام، ولا يلوح فـي الأفـق مـا ينبئ بتباطـؤ هـذا الاتجـاه. والآن، يسـاور مسـؤولو قطـاع الصحـة العامـة القلـق بشـأن الزيـادة الحـادة فـي الإصابـات البكتيريـة والفيروسـية المقترنـة بإسـاءة اسـتخدام المـواد الأفيونيـة، الأمـر الـذي يهـدد بتفاقـم الأزمـة.

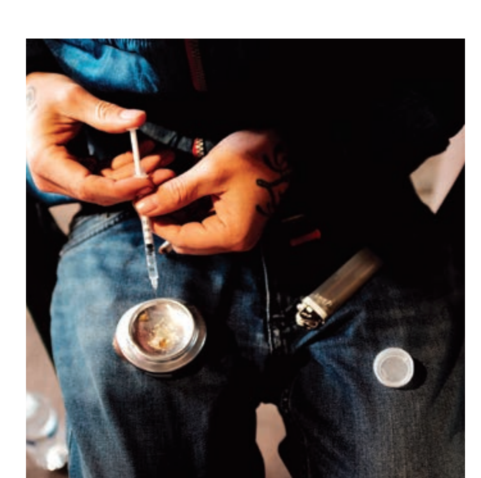
تتضمـن الزيـادة ارتفاعًـا غيـر مسـبوق فـي العـدوى البكتيريـة - ومِـن ذلـك.. تلك التي تسـببها بكتيريا المكورات العنقودية الذهبية *Staphylococcus aureus*، وهي بكتيريا كثيـرًا ما تُظهِر مقاوَمة للمضادات الحيوية، وكذلك ارتفاعًا حـادًّا فـي حالات الإصابة الجديدة بفيروس نقـص المناعة البشـرية، والتهاب الكبـد الوبائي، المقترنة بتعاطي المواد الأفيونيـة، الأمـر الـذي يقـوّض عقـودًا من التقـدم المُحرَز فـي مقاومة هـذه الأمراض.

تعمـل المجموعـات البحثية في جميع أنحـاء البلاد على اكتشـاف حالات التفشـي، وفهْمها، وعلاجها، غير أن نقص البيانـات الموثوقـة عـن عدد الحـالات الجديـدة، والمواقع التـي سـتظهر فيها بعـد ذلك، فضلًا عـن الوصمة المرتبطة بتعاطـي المخـدرات، التـي أحيانًـا مـا تمنـع المصابيـن بالعـدوى مـن التمـاس العـلاج فـي وقـت مبكر، كلهـا تمثّل عراقيـل فـي وجـه هـذه الجهود.

تقـارِن جوديـث فاينبـرج - طبيبـة الأمـراض المعديـة بجامعـة ويسـت فرجينيـا فـي مورجانتـاون - الأزمـة الحاليـة بوبـاء فيـروس نقـص المناعـة البشـرية، الذي اسـتحوذ على جهـود هيئـات الصحـة العامـة الأمريكيـة فـي الثمانينيـات والتسـعينيات، قائلـة: "وكأن أزمـة فيـروس نقـص المناعـة البشـرية تتكرر من جديد؛ فالأشـخاص يتعرضـون للوصم، ويشـعرون بأنهـم لا يسـتحقون الحياة، ويسـمعون آخرين يقولـون إن هـذا اختيـار لنمـط الحياة".

وعلـى مـدار العشـرين عامًـا الماضيـة، ارتفـع معـدل تعاطـي المـواد الأفيونيـة – بمـا فـي ذلـك مُسـكِّنات الألـم، التـي تسـتلزم وصفـة طبيـة، وكذلـك الهيرويـن، والعقاقير التخليقيـة، مثـل الفنتانيـل – ارتفاعًـا حـادًّا فـي الولايـات المتحـدة. وفـي عـام 2017، كان هنـاك قرابـة 15 حالـة وفاة لـكل 100 ألـف شـخص فـي البـلاد، نتيجـة لتعاطـي جرعـة زائـدة من المواد الأفيونية، مقارنة بـ3 حالات وفاة لكل 100 ألـف شـخص في عام 1999، وذلك وفقًـا لتقديرات المراكز الأمريكيـة لمكافحـة الأمراض والوقايـة منها.

ينطـوي أحد أنـواع العـدوى المرتبطة بالمواد الأفيونية - التـي يخـوض الباحثون معركـة معهـا - علـى تلف صمامات القلـب، إذ يمكـن لبكتيريـا مثـل المكـورات العنقوديـة الذهبيـة الدخـول إلـى مجـرى الـدم، نتيجـة ممارسـات غير سـليمة، مثـل الاشـتراك فـي اسـتعمال إبـر الحَقْـن، أو عـدم تطهيـر الجلـد قبـل حَقْـن المخـدر. وإذا تمكّنـت العـدوى مـن الوصـول إلـى القلـب، يمكنهـا إتـلاف الصمامـات؛ وقـد تسـتدعي الحـالات الخطيـرة منهـا عمليـة زرع قلـب.



SPENCER PLATT/GETTY

أدّت إساءة استخدام المواد الأفيونية - كالهيروين - إلى زيادة حادة في الأمراض، ومنها زيادة انتشار الإصابة بفيروس نقص المناعة البشرية، الأمر الذي يقوِّض جهود سنواتٍ من التقدم.

فـي دراسـة جاريـة، تضـع عالمـة الأحيـاء الدقيقـة سيسـيليا طومسـون - فـي جامعـة نـورث كارولينـا فـي تشـابل هيـل - تسلسـلًا لحمـض نـووي مأخـوذ مـن صمامـات قلـب لأشـخاص خضعـوا لجراحـة اسـتبدال صمامـات اصطناعيـة بأخـرى تالفـة. وجـدت طومسـون أن الصمامـات المأخـوذة مـن أشـخاص تعاطـوا المخـدرات عـن طريـق الحقـن تكـون أكثـر عرضـة للإصابة ببكتيريا المكـورات العنقودية الذهبيـة، مقارنة بتلك الصمامات التي تعود إلى أشـخاص لا يتعاطون المخدرات.

عَرَضَـت طومسـون نتائجهـا خـلال اجتمـاع الجمعيـة الأمريكيـة لعِلْـم الأحيـاء الدقيقـة فـي سـان فرانسيسـكو فـي كاليفورنيـا، وذلـك فـي الواحـد والعشـرين مـن يونيـو الماضـي؛ ولـم تكـن هـذه النتائـج سـوى آخِـر الملاحظات التـي تتـوِّج مـا يبـدو أنـه اتجـاه مُقْلِق. ففـي دراسـة نُشـرت فـي ينايـر الماضي[1]، وجد الباحثـون زيـادة قدرهـا 13 ضعفًا فـي حالات الإصابة بأمراض القلب بين متعاطي المخدرات فـي ولايـة كارولينا الشـمالية بين عامي 2007، و2017. فحتى عـام 2013، كان الجرّاحـون فـي الولايـة يُجْـرُون أقـل مـن عشـر عمليـات سـنويًّا؛ لعـلاج إصابـات القلـب ذات الصلة بالمخـدرات، مقارنـة بأكثـر مـن 100 حالـة فـي عـام 2017.

يمكـن كذلـك للمـواد الأفيونية ذاتهـا - بغَـضّ النظر عن طريقـة حقنهـا - أن تجعـل الأشـخاص أكثر عرضـة للإصابة بالمـرض. ففـي دراسـة[2] بحثيـة أخـرى، نُشـرت أيضًـا فـي ينايـر، وتناولـت أكثـر مـن 25 ألـف شـخص عُولجـوا فـي مَرافِـق قُدامَـى المحاربيـن الصحّيـة، بيـن عامـي 2000، و2012، وُجـد أن الأشـخاص الذيـن تناولـوا جرعـات متوسـطة أو عاليـة مـن المواد الأفيونيـة الموصوفة لعلاج الألـم، كانـوا أكثـر عرضـة بدرجـة كبيـرة للإصابـة بمـرض الالتهـاب الرئـوي. والسـبب غيـر واضـح، إلا أن الأبحـاث التـي أجريـت علـى القـرود تشـير إلـى أن بعـض المـواد الأفيونيـة التـي تسـتلزم وصفـة طبيـة، مثـل المورفيـن، يثبـط الجهـاز المناعـي[3].

يتعلق الأمر بشبكة المعارف

يبذل الباحثون جهودًا كبيرة؛ لتوقع مواقع التفشّي المرتبطة بتعاطي المخدرات، حيث إنّ الأنماط التي تُظْهِرها تختلف عن تلك التي تُظْهِرها مواقع التفشي غير المرتبطة بالمخدرات.

وعلـى جانـب آخـر.. وضـع جورجـي بوباشـيف - عالِـم البيانـات بمعهـد الأبحـاث غيـر الهـادف إلـى الربـح «آر تـي آي إنترناشـيونال»، بمتنزه مثلـث البحوث بولاية نورث كارولينا، بالتعـاون مـع زملائـه - نموذجًـا حاسـوبيًّا يحاكـي متعاطـي المخـدرات وشـبكاتهم الاجتماعيـة؛ للتنبؤ بمواقـع محتمَلة لتفشـي فيـروس نقـص المناعـة البشـرية. يراعـي البرنامـج عوامـل معينـة، مثـل معـارف المتعاطيـن، ونـوع الهيرويـن المتـاح لهـم، الـذي يمكنـه التأثيـر علـى وجـود مسـببات المـرض، وتجربتهـم مـع المخدر.

يقول بوباشـيف إن العنصر الاجتماعي أمرٌ بالغ الأهمية للتنبـؤ بأنمـاط التفشـي، وإن الأشـخاص الذيـن تعاطـوا المخـدرات أثنـاء ذروة وبـاء فيـروس نقـص المناعـة البشـري فـي التسـعينيات تعلمـوا طـرق الحقـن الآمِـن، ولكـنْ مـن المرجّـح أن يَسـتخدِم المتعاطـون الجـدد أسـاليبَ أكثـر خطـورة، مثـل الاشـتراك فـي اسـتخدام إبـر الحقن.

وفـي تحليـل غيـر منشـور، يتنبأ نمـوذج فريق بوباشـيف بأنّ تفشـي فيروس نقص المناعة البشـرية، المقترِن بتعاطي المـواد الأفيونيـة، سـيتركز فـي بـؤر جغرافيـة صغيـرة، ولن ينتشـر على مسـاحات أوسـع، مثلما كان الباحثون يتوقعون بشـأن حالات التفشّـي غيـر المقترِنة بالمخدرات.

تدعـم البيانـات المسـتقاة مـن الحيـاة الواقعيـة هـذه النتيجـة، إذ اتبعـت حـالاتُ تفشـي مـرض نقـص المناعـة البشـرية المقترنـة بالمـواد الأفيونيـة السـابقة - ومنهـا حالة حدثـت فـي عـام 2014 فـي مقاطعـة سـكوت بولايـة إنديانا – النمـطَ نفسـه. وفـي شـهر مـارس الماضـي، أعلنـت إدارة الصحـة فـي ولايـة فرجينيـا الغربيـة عـن تفشـي المرض في مقاطعـة كابيل، نتيجة ارتفاع حادٍّ في حالات إصابة جديدة بفيروس نقص المناعة البشـرية، بسـبب تعاطي المخدرات.

يقـول كارلـوس ديـل ريـو - الباحـث فـي مجـال الصحة العالميـة بجامعـة إيمـوري بأتلانتـا فـي ولايـة جورجيا - إن مفتـاح إيقـاف زيـادة حـالات العـدوى المقترِنـة بالمـواد الأفيونيـة، ووضـع حـدّ لتصاعدهـا، يكمـن فـي التعامـل مـع تعاطـي المـواد الأفيونيـة، بوصفـه مرضًـا، دون وَصْـم مُتعاطـي المخـدرات.

بـدأت مجموعـة عمـل بقيادة ديـل ريو – في الأكاديمية الوطنية للطب في الولايات المتحدة - في وضع اسـتراتيجية دمـج بيـن رعايـة العـدوى، وتعاطـي المـواد الأفيونية. يقول ديـل ريـو: "سـوف يمثّل وبـاء المواد الأفيونيـة لطلبة الطب الشـباب نفـس مـا مثّلـه لي مـرض نقـص المناعـة البشـرية. ومن الأفضـل أنْ يألفوه". ■

1. Schranz, A. J., Fleischauer, A., Chu, V. H., Wu, L.-T. & Rosen, D. L. *Ann. Intern. Med.* **170**, 31–40 (2019).
2. Edelman, E. J. *et al. JAMA Intern. Med.* **179**, 297–304 (2019).
3. Kumar, R. *et al. J. Virol.* **78**, 11425–11428 (2004).

هل ترجح كفة البشر.. أم كفة الأرض؟

يفتش الباحثون عن المخلفات النووية، والتلوث الناجم عن الزئبق، وغير ذلك من علامات عصر الأنثروبوسين، وهو حقبة جيولوجية جديدة مُقترَحة، تُقِرّ الكيفية التي غيَّر بها البشر وجهَ الكوكب.

ميرا سوبرامانيان



أدّى تفجير أول قنبلة نووية في عام 1945 - وما تبعه من تفجيرات لاحقة - إلى نشر النويدات المشعة حول الكرة الأرضية.

إنّ بحيرة كروفورد صغيرة للغاية، لدرجة أن الوقت الذي يستغرقه المرء للتجول على امتداد شاطئها هو عشر دقائق، لا غير، لكنّ هذه البحيرة - الواقعة في جنوب أونتاريو في كندا – تخفي أسفل سطحها شيئًا مميزًا يجذب انتباه العلماء من كل أنحاء الكوكب، إذ يبحث العلماء عن علامة مميزة مدفونة في أعماق الطين؛ عن إشارة تحدِّد اللحظة التي اكتسب فيها البشر قَدْرًا من القوة؛ مَكَّنَهم من البدء في تغيير الكوكب تغييرًا لا رجعة فيه. ومن الممكن أن تكون طبقات الطين في هذه البحيرة نقطة بداية حقبة «الأنثروبوسين» Anthropocene؛ تلك الحقبة الجديدة المحتمَلة من التاريخ الجيولوجي.

تتسم هذه البحيرة بعمق سحيق، يُعَد مدهشًا بالنظر إلى حجمها، وهو ما يمنع اختلاط مياهها بصورة كاملة، وهذا يترك قاعها غير متأثر بالديدان الحفّارة،

أو التيارات المائية. وتتراكم طبقات الرواسب فيها مثل الحلقات الشجرية، مُشَكِّلَةً أرشيفًا يمتد إلى حوالي ألف عامٍ مضى. احتفظت هذه البحيرة – بشكل شديد الدقة - بأدلة من حياة قبائل الإيروكواس، التي زرعت الذُّرة على ضفافها قبل ما لا يقل عن 750 عامًا، ثم بأدلة من حياة المستوطنين الأوروبيين، الذين بدأوا عملية الزراعة وقطع الأشجار هناك بعدها بأكثر من خمسة قرون. والآن، يبحث العلماء عن آثارٍ أحدث وأبرز بكثير، تدل على الاضطراب البيئي المرتبط بالبشر.

تقول فرانسين ماكارثي - عالِمة الأحافير الدقيقة بجامعة بروك المجاورة للبحيرة في سانت كاثرينز بأونتاريو - إن عينات اللب الصخري المستخرجة من قاع البحيرة "يُفترَض أن تُسفر عن علامة شديدة الوضوح"، مضيفة أنّ تلك العلامة "لن تكون واحدة من تلك العلامات غير الواضحة بسبب سحق المحار لها". وتدرس مكارثي البحيرة منذ ثمانينيات القرن العشرين، لكنها تتطلع إليها الآن من منظور جديد مختلف تمامًا.

وبحيرة كروفورد هي واحدة من عشرة مواقع حول الأرض، يعكف الباحثون على دراستها، بوصفها معالِم قد تدل على بداية حقبة الأنثروبوسين (عصر التأثير البشري على البيئة)، وهو تصنيف غير رسمي حتى الآن، تَجْري دراسة إدراجه ضمن المقياس الزمني الجيولوجي. وعلى أثر ذلك.. تشكلت «مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين» AWG - وهي لجنة مؤلفة من 34 باحثًا، أسستها اللجنة الدولية المعنية بعلم طبقات الأرض (ICS) في عام 2009 - وهي تقود الجهود الرامية إلى صياغة مُقترَح؛ للإقرار رسميًّا بحقبة الأنثروبوسين. وستشكل هذه الحقبة الجديدة نقطة تحوّل واضحة من «العصر الهولوسيني» Holocene، الذي بدأ مع نهاية العصر الجليدي الأخير. ومن أجل تحديد حقبة جديدة، يحتاج الباحثون إلى العثور على علامة تعبِّر عنها في السجل الصخري، تحدد النقطة التي تعاظم عندها النشاط البشري بصورة واسعة النطاق، لدرجة أنه خَلَّفَ بصمة لا تُمحى على الكوكب.

وبالنظر إلى حجم التأثير الذي أحدثه البشر على الكوكب، ثمة عدد كبير من العلامات الفارقة التي قد تدل على هذه الحقبة. وحول ذلك.. يقول يان زالاسيفيتش، عالِم بيولوجيا الحفريات بجامعة ليستر في المملكة المتحدة، ورئيس مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين: "من الناحية العلمية، وفيما يتعلق بالأدلة، فإننا نمتلك خيارات متعددة، غير أنّ علينا أن نحدد هذه الحقبة بدقة".

وتتمثل خطة اللجنة الحالية في النظر في إرث العصر الذري، الذي تركت به المخلفات النشطة إشعاعيًّا - الناتجة عن انفجارات القنابل النووية في منتصف القرن العشرين - بصمةً من النظائر المشعة في الغلاف الجوي، وعلى الصخور، والأشجار، والبشر. يقول زالاسيفيتش: "ثمة ارتفاع حاد في تفجيرات القنابل بين عامَيْ 1952، و1954، وهو ارتفاع جليّ للغاية، لا لبس فيه".

وبمجرد اختيار العلامة المعبرة عن تلك الحقبة، سيحتاج الباحثون العاملون مع مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين إلى جمع ما يكفي من الأدلة من كل أنحاء العالم، لإقناع هيئات إدارة العلوم الجيولوجية بأنهم قد عثروا على إشارة موثوق في صحتها، تحدد بداية حقبة الأنثروبوسين، غير أن بعض العلماء يحاججون بأن النشاط البشري يشكّل الكوكب منذ آلاف السنين، وأن مجموعة العمل قد تسرعت بالاستقرار على عقد الخمسينيات من القرن العشرين على أنه يشكل بداية العصر الجيولوجي المُقترَح. ومن هنا، قام إيرل إليس - عالِم الجغرافيا بجامعة ميريلاند في مقاطعة بلتيمور، وعضو مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين - بانتقاد خطط اللجنة الرامية إلى تحديد بداية حقبة الأنثروبوسين. فعلى حد قوله: "إن مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين حسمت الحدود الزمنية للحقبة، قبل أن تتخذ قرارًا بشأن ما يميزها، وليس العكس".


TIM PATTERSON

يجمع الباحثون اللُّب الرسوبي من بحيرة كراوفورد؛ من أجل دراسة علامات محتمَلة دالّة على حقبة الأنثروبوسين.

أدلة دامغة

ستكون للصخور كلمة الفصل في النهاية.. فمسألة اتخاذ قرار رسمي بتحديد حقبة الأنثروبوسين ستعتمد - في نهاية المطاف - على أدلة موجودة في طبقات الأرض، ومحفوظة في السجل الجيولوجي. وبعبارة أخرى.. أدلة تحسم ما إذا كان البشر قد تركوا مجموعة علامات مميزة محفوظة في الصخور، وفي طين قاع البحار، أو في الجليد، تشير إلى حدوث تغيير جوهري على الكوكب، أم لا.

وبعد عَقْد من تقصِّي هذه المسألة، قررت مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين - في مايو الماضي - أن البشر - في واقع الأمر - قد تركوا بصمة جيولوجية راسخة. وفي تصويت ملزِم، أُجري في شهر مايو من العام الجاري، اختار 29 من أصل 34 عضوًا المضي قدمًا في صياغة مقترَح يدعم تعيين حقبة الأنثروبوسين.

تتمثل المهمة التالية لمجموعة العمل في تقديم اقتراح رسمي يحدد «نقطة ومقطع طبقة الحدود العالمية» GSSP، أو ما يُعرف بـ«الطفرة الذهبية» (انظر: C. N. Waters *et al*. *Earth Sci. Rev*. **178**, 379–429; 2018). والطفرة الذهبية هي علامة جيولوجية رئيسة، توجد في موقع معيّن، ويمكن أن تكون مترابطة معها في المواقع في مختلف أنحاء العالم، في بيئات متنوعة. وتحتاج الطفرة الذهبية لحقبة الأنثروبوسين إلى إثبات أنه وُجدَت لحظة متزامنة عالميًّا، بلغت فيها عمليات فيزيائية وكيميائية وبيولوجية حدًّا تَسبَّب في اجتياز - لا رجعة فيه - لعتبة جيولوجية، انتقالًا من العصر الهولوسيني إلى شيء مختلف تمام الاختلاف.

وفي التصويت الأخير، قرر أعضاء مجموعة العمل - بأغلبية ساحقة - تقصِّي طفرة ذهبية وقعت في منتصف القرن العشرين، إذ إن هذا الوقت يمثّل بداية ما يُعرف بـ«التسارع العظيم»، وهو تحول سريع حدث بعد الحرب العالمية الثانية، حين بدأ العدد المتزايد من السكان في استهلاك الموارد، وتصنيع مواد جديدة بالكامل بمعدلات هائلة تفوقت حتى على معدلات الثورة الصناعية. وكل تلك الأنشطة تسببت في إغراق البيئة بكميات غير مسبوقة من الملوِّثات العضوية الثابتة، وسرَّعت معدل انقراض الحيوانات، وخلقت بعض السمات الجيولوجية التي لم يكن لها وجود من قبل.

وتشمل تلك السمات مناجم الذهب، البالغ عمقها 4 كيلومترات، ومدافن النفايات، التي يزيد ارتفاعها على 70 مترًا، مثل مدفن تويفلزبيرج في برلين، الذي جُمِعَت فيه أنقاض ناتجة عن الحرب العالمية الثانية في تل اصطناعي. وبالرغم من أن مجموعة العمل لا تزال تتقصى طفرات ذهبية عديدة أخرى محتملة، إلا أن السجل الإشعاعي من العصر النووي قد برز كأول الخيارات للدلالة على حقبة الأنثروبوسين. وحسب قول زالاسيفيتش: "لا تزال النويدات المشعة تبدو العلامة الأكثر وضوحًا على هذا العصر". وقد لخصت مجموعة العمل أبحاثها الحالية في كتاب بعنوان: «الأنثروبوسين كوحدة زمن جيولوجية» *The Anthropocene as a Geological Time Unit*، نَشَرَته مطبعة جامعة كامبريدج في فبراير الماضي.

وتخوض بحيرة كروفورد منافسة شرسة؛ للإقرار على أنها البقعة التي تجسد الطفرة الذهبية. وينسق كولين ووترز - عالِم الجيولوجيا بجامعة ليستر، وأمين مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين - بين الفرق البحثية التي تعكف على دراسة إحدى البحيرات الصناعية في كاليفورنيا، ولُب جليدي من القارة القطبية الجنوبية، ورواسب من أحد الكهوف في شمال إيطاليا، وشعاب مرجانية في الكاريبي وأستراليا، ومستنقع خث في سويسرا، فضلًا عن مواقع أخرى. وكلها ستُجرَى فيها اختبارات؛ للبحث عن إشارات تدل على وجود نويدات مشعة، تتمثل - في أغلب الظن - في الكربون-14، والنظير المُشع طويل العمر البلوتونيوم-239، إضافة إلى البحث عن علامات ثانوية، تتراوح من الملوثات العضوية الثابتة، والبلاستيك المجهري، وصولًا إلى الرماد المتطاير الناتج عن حرق الفحم.

وعلى الرغم من القائمة الطويلة للمواقع والعلامات الفارقة التي قد تدل تلك الحقبة، إلا أن التقدم المُحرَز كان بطيئًا. وحسبما يقول مارتن هيد - العالِم المتخصص في علوم الأرض بجامعة بروك، وأحد الأعضاء في مجموعة العمل - فإن "المقياس الزمني الجيولوجي هو أداةٌ يستخدمها جميع الجيولوجيين حول العالم. لذا.. من المهم للغاية ألا تطرأ عليه تغييرات لا مسوغ لها. وينبغي النظر بعناية شديدة في أي تغيير".

البحث عن الطفرة الذهبية

يعيدنا البحث عن الطفرة الذهبية إلى تلك الطبقات المتنوعة الموجودة أسفل مياه بحيرة كروفورد الساكنة،



ULLSTEIN BILD VIA GETTY

بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية، جُمعت الأنقاض في تل صار يعرف باسم «تويفلزبيرج»، أو «جبل الشيطان» في برلين.

حيث تتعاون ماكارثي مع باحثين في أماكن أخرى من كندا وحول العالم؛ من أجل تحليل عينات لُبِّيّة، تعود إلى الفترة ما بين عامي 1940، و1965، وهي الأعوام المتاخمة لذروة سقوط الغبار النووي، إضافة إلى بداية التسارع العظيم.

ويعمل أحد المختبرات في زيورخ بسويسرا على الكشف عن العلامة الرئيسة الدالة على وجود النويدات المشعة، كما يبحث فريق في لندن عن إشارات أخرى، مثل ارتفاع تركيزات الرماد المتطاير بشكل حاد، كي يروا ما إذا كانت جميعها متزامنة، أم لا. كما ستجري إحدى المجموعات في الولايات المتحدة قياسًا لانتشار «الأميبات المُغطاة» testate amoebae؛ وهي كائنات دقيقة وحيدة الخلية، محاطة بصَدَفَة تدوم لآلاف الأعوام. وتتزايد بشدة أعداد هذه الكائنات - على نحو يسبب الضرر عادةً لأنواع أخرى - حينما توفر العناصر الغذائية الناتجة عن الاستيطان البشري وكذلك الصرف الزراعي تغذية مفرطة لها. وسيفتش باحثون من تورونتو بكندا عن البلاستيك المجهري - الذي قد يصل عن طريق المياه، أو الرياح - على الألياف المنقولة في الهواء، أو حتى مع الحشرات التي ابتلعته.

وفي موقع محتمل آخر، هو بحيرة سيرسفيل في منطقة خليج سان فرانسيسكو في كاليفورنيا، يُجْرِي أحد الفرقاء اختباراته؛ بحثًا عن النويدات المشعة، إضافة إلى مؤشرات أخرى على التأثير البشري. وسوف يفحص الفريق عينات من الرواسب، مأخوذة من قاع البحيرة، لتحديد التغيرات التي طرأت على استخدام الأرض في المنطقة، بالإضافة إلى تزايد كميات التلوث بالرصاص، والزئبق.

تقول إليزابيث هادلي، وهي عالمة بيولوجيا في جامعة ستانفورد، الواقعة على مقربة من هذا الموقع، وواحدة من الباحثين الرئيسين في موقع بحيرة سيرسفيل: "نأمل في بناء «شريط سينمائي» واقعي، يصور منطقة خليج سان فرانسيسكو على مدار فترة تتراوح ما بين قرن إلى ألف عام مضت". وسيتعيّن على هادلي والباحثين الآخرين العثور على طفرة ذهبية واضحة وقعت قرابة عام 1950، وتدل على طفرة مميزة في النشاط البشري، تتفق أيضًا مع ما يُعثَر عليه في المواقع الأخرى المحتملة في أنحاء الكوكب؛ وذلك بغرض تحديد حقبة الأنثروبوسين.

وفي هذه الأثناء، في نصف الكرة الأرضية الجنوبي، ستقود ليز توماس - أخصائية علم المناخ القديم، من الهيئة البريطانية لمسح القطب الجنوبي، وهي هيئة تقع في كامبريدج بالمملكة المتحدة - فريقًا؛ لتحليل عينات لُب جليدي مأخوذ من شبه الجزيرة القطبية الجنوبية. وقد عُثر على العلامات الدالة على التأثير البشري، المتمثلة في النويدات المشعة، والمعادن الثقيلة، والرماد المتطاير، حتى في هذه القارة البعيدة. وسيحلل فريق ليز توماس أيضًا درجة الحرارة، وتراكم الثلوج، ومستويات ثاني أكسيد الكربون والميثان، وجميعها عوامل تغيرت بصورة ملحوظة في منتصف القرن العشرين، إلا أنه من المحتمل عدم حدوث هذا بتزامن دقيق مع ازدياد تفجير القنابل.

«من الناحية العلمية، وفيما يتعلق بالأدلة.. فإننا نمتلك خيارات متعددة».

سلسلة من عمليات التصويت

مِثل سجل طبقات الأرض الذي يدرسه الباحثون، فإن القرار الرسمي بتعيين حقبة الأنثروبوسين يتضمن مستويات متعددة. وتهدف مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين إلى أنْ تُقدِّم بحلول عام 2021 مقترحًا نهائيًّا للكيان الأم لها، وهي اللجنة الفرعية الرباعية التابعة للجنة الدولية المعنية بعلم طبقات الأرض. ويحدد هذا المقترح طفرة ذهبية من منتصف القرن العشرين، وإذا حظي هذا المقترح بالموافقة، فستجري اللجنة الدولية المعنية بعلم طبقات الأرض تصويتًا عليه، ثم سيُقدَّم بعد ذلك إلى اللجنة التنفيذية التابعة لـ«الاتحاد الدولي للعلوم الجيولوجية» IUGS؛ من أجل التصديق عليه بصورة نهائية. وفي حال اجتياز عصر الأنثروبوسين لكل هذه العقبات، فإنه سيصبح رسميًّا وحدة جديدة في المخطط الدولي لتاريخ طبقات الأرض، المعروف أكثر باسم «المقياس الزمني الجيولوجي». وحتى الآن، فإن جميع الطفرات الذهبية الست والخمسين، التي جرى التصديق عليها، تأتي من بيئات بحرية، باستثناء العلامة الوحيدة، التي تُحدِّد بداية العصر الهولوسيني، والتي تعتمد على لب جليدي من جرينلاند.

سارت الإجراءات الرسمية للإقرار بعصر الأنثروبوسين على نحو أبطأ بكثير من الإقرار به في الثقافة الشعبية، التي تَبَنَّت بالفعل حقبة الأنثروبوسين، واستخدمت المصطلح في كل شيء، من ألبومات التسجيلات إلى أغلفة المجلات، غير أن مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين أوضحت أن اختصاصها هو اتخاذ القرارات، استنادًا إلى سجل طبقات الأرض، لا غير.

لا يشعر الجميع بالاقتناع بأن بإمكان مجموعة العمل اتخاذ القرار حتى الآن. وتتمثل إحدى النقاط الخلافية في أن مجموعة العمل قد اتخذت قرارًا بشأن الحدود الزمنية لهذا العصر، رغم أنها لم تستقر بعد على تحديد الطفرة الذهبية في سجل طبقات الأرض. وحسبما يقول مات إيدجوورث، عالِم الآثار بجامعة ليستر، فإن ذلك بمثابة "فَرْض للأفكار على المسألة، وقولبة للأدلة؛ كي تصبح مناسبة، لكنْ ينبغي أن يسير الأمر بشكل معكوس".

وإيدجوورث هو أحد أعضاء مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين، غير أنه صوَّت ضد قرار الإقرار بالحقبة. ويتمثل أحد مخاوفه في أن إشارة النويدات المشعة، رغم كونها ستدوم لمدة مئة ألف عام، إلا أنها سوف تَضْعُف مع تحلل العناصر المشعة. ويقول إدجوورث: "من المنظور الجيولوجي، الذي تُقدَّر فيه غالبية الحدود الزمنية بملايين الأعوام، فهذه ليست علامة راسخة بدرجة كبيرة".

كان منتقدون آخرون – أبرزهم ويليام روديمان، المتخصص في علم المناخ القديم بجامعة فيرجينيا في شارلوتسفيل - قد روَّجوا لتحديد نقطة بدء حقبة الأنثروبوسين، بحيث تنطلق الحقبة عند النقطة التي شَرَع فيها البشر - للمرة الأولى - في تغيير وجه كوكب الأرض عن طريق الزراعة، قبل آلاف الأعوام، أو حين قضوا على الحيوانات الضخمة في كل من أستراليا، وأمريكا الشمالية، قبل عام 1950 بآلاف الأعوام. (انظر: W. F. Ruddiman *Prog. Phys. Geogr. Earth Environ.* http://doi.org/gd4shx; 2018). وقد عارض البعض تعيين حقبة الأنثروبوسين من الأساس، نظرًا إلى أن العصر الهولوسيني تميز بتصاعد التأثير البشري منذ نهاية العصر الجليدي الأخير.

ليست لدى زالاسيفيتش مشكلة في الاقرار بأن التأثيرات البشرية مسَلَّم بها في الجزء الأكبر من العصر الهولوسيني، غير أن حجم التغيير العالمي منذ بداية التسارع العظيم، بالإضافة إلى طرح مواد مستحدثة جديدة تمامًا بالكوكب، كلها أمور غير مسبوقة تمامًا. وحسبما يقول: "حين بدأتُ هذا العمل، كنت أظن أن عصر الأنثروبوسين - كوحدة جيولوجية - ربما يتداعى، إذ سيكون كل شيء مربكًا، ولن يشكل إلا تدرجًا بسيطًا، لكنْ في الواقع.. أصبح التأثير البشري أقوى بكثير".

ورغم تشكيك إدجوورث في العلامة الوحيدة التي تعود إلى منتصف القرن العشرين، إلا أنه لا ينكر أن الجنس البشري قد غيَّر الكرة الأرضية. ويقول: "أرى - بشكل مباشر - التأثير الهائل الذي يواصل البشر إلحاقه بطبقات الأرض السطحية، إذ يبدو تقريبًا وكأنّ هناك طبقة جديدة - من المنظور الجيولوجي - آخذة في التشكل على سطح الأرض".

ويدافع ماكس بيركلهامر، العالِم المتخصص في علوم الأرض بجامعة إلينوي في شيكاجو – وهو غير منخرط في الجدل الدائر، وإنْ كانت أبحاثه قد أسهمت في تعيين عصر الهولوسين – عن النتائج التي خلصت إليها مجموعة العمل المعنية بحقبة الأنثروبوسين، قائلًا: "من الصعب الجَزْم بأنّ ما كان يحدث في القرن العشرين مجرد مظهر آخَر لما كان يحدث على مدار آلاف الأعوام القليلة الماضية"، ويضيف قائلًا: "إنّ حجم التغيير أكبر بكثير. ومن الصعب أن تتخيل مسارًا مُعاكِسًا". ■

ميرا سوبرامانيان صحفية حرة، تعيش في كيب كود، ماساتشوستس.



ILLUSTRATION BY ANA KOVA

التحكم في التطور

تقنية الدفع الجيني قد تغيِّر جينوم نوع بأكمله. وهكذا، يتعين على الباحثين الإجابة عن هذه الأسئلة المهمة قبل إطلاقه في البرية.

ميجان سكوديلاري

دأب أوستن بيرت، وأندريا كريسانتي طيلة ثماني سنوات على محاولة التحكم في جينوم البعوض. كان مرادهما تخطي عملية الانتقاء الطبيعي، وإدخال جين، مِن شأنه أن ينتشر خلال مجموعات البعوض أسرع من الطفرات التي تنتقل إلى الأجيال التالية عبر عملية الوراثة المعتادة. في ثنايا فكرهما كان لديهما تصور عن منع انتشار مرض الملاريا، من خلال نشر جين يقضي على جماعات البعوض؛ حتى لا تنقل المرض.

يتذكر كريسانتي فشلهما مرارًا وتكرارًا، لكنْ أخيرًا، في عام 2011، حصل عالِما الوراثة في جامعة الكلية الملكية بلندن على نتائج الحمض النووي، التي كانا يترقبانها؛ إذ انتشر جينٌ كانا قد أدخلاه في جينوم البعوض بين جماعات البعوض، وطال أكثر من 85% من نسل الحشرات[1].

كانت تلك أول تقنية «دفع جيني» مبتكرة؛ ويُقصد بها تعديلٌ جيني يهدف إلى الانتشار في مجموعات نوع ما بمعدلاتٍ وراثية أعلى من الطبيعية. وسرعان ما أصبح الدفع الجيني تقنيةً معتادة في بعض المختبرات، بل ويستطيع العلماء الآن تصميم تقنية محرك جيني في غضون أشهر. تعتمد التقنية على أداة «كريسبر» CRISPR للتحرير الجيني، وبعضٍ من أجزاء الحمض النووي الريبي؛ لاستبدال جينٍ بعينه، أو تعطيله، أو إدخال جينٍ جديد. وفي الجيل التالي، ينسخ محرك الدفع نفسه بالكامل على الكروموسوم الشريك، بحيث يصبح الجينوم لا يحتوي على النسخة الطبيعية من الجين المختار، وإنما على نسختين من محرك الدفع الجيني. وبهذه الطريقة ينتقل التغيير إلى 100% من النسل، بدلاً من حوالي 50% (انظر ملحق «كيف تعمل تقنيات الدفع الجيني»).

ومنذ عام 2014، صمم العلماء تقنيات دفع جيني تعتمد على أداة «كريسبر»؛ لتعديل جينات البعوض، وذباب الفاكهة، والفطريات. وفي الوقت الحالي، يسعون إلى تطويرها؛ بغية تعديل جينات الفئران، لكنْ هذه ليست سوى البداية؛ فالأسئلة حول إمكانية تصميم هذه التقنية واستخدامها قامت مقامها أسئلةٌ أخرى حول فاعليتها، وكيفية اختبارها، وتحديد الأطراف التي ستتولى الرقابة عليها. وكانت تقنيات الدفع الجيني قد اقتُرحت في الأساس كوسيلة للحد من الأمراض التي تنقلها الحشرات، أو القضاء عليها، ومكافحة الأنواع الغازيّة، بل وإبطال مقاومة الآفات لمبيدات الحشرات. ويقول كريسانتي إنَّه حتى الآن لم يُطلق أي كائنٍ مُعدَّل بتقنية الدفع الجيني في البرية، ولكنْ يمكن لتلك التقنية نظريًّا أن تصبح قيد العمل بعد ثلاث سنواتٍ. ويتعاون كريسانتي مع مؤسسة «تارجت ملاريا» Traget Malaria، وهي اتحاد دولي للبحوث غير هادف إلى الربح، يسعى لاستخدام البعوض المُعدَّل بالدفع الجيني؛ لمكافحة الملاريا في أفريقيا. وجديرٌ بالذكر أنَّه في الأول من يوليو الماضي، أطلقت المجموعة دفعةً اختبارية من البعوض، المُعدَّل جينيًّا، دون أي تقنيات دفع جيني، في قرية في بوركينا فاسو.

يقول فريدروس أوكومو - مدير العلوم بمعهد إيفاكارا للصحة في دار السلام بتنزانيا - إنَّ الدفع الجيني يختلف عن أي حل بيئي اختُبر من قبل، مضيفاً أنَّ "تقنيات الدفع الجيني تنتشر من تلقاء نفسها، وعلينا أن نُعِد الناس لاستيعابها، وأن نتبادل المعلومات بصراحة مع جميع البلدان المعنية".

ويقول كيفين إزفلت - مهندس البيولوجيا في مختبر «ميديا لاب» في كامبريدج التابع لمعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، الذي كان من بين أول مَن صمموا نظام دفع جيني يعتمد على أداة «كريسبر» - إنَّ التحديات التقنية لا تقض مضاجعهم بقدر ما تفعل التحديات الاجتماعية

والدبلوماسية، موضحًا: "تترتب على هذه النوعية من التقنيات عواقب حقيقية تؤثر على حياة البشر، وتكاد تكون فورية".

ونظرًا إلى المخاوف المحتملة المثارة حول تقنية الدفع الجيني، تطرح دورية *Nature* في هذا التقرير خمسة أسئلة رئيسة عن التقنية وتطبيقاتها.

هل سيكون الدفع الجيني فعالًا؟

إنّ بناء نظام دفع جيني؛ للتحكم في مجموعات نوع ما، أو القضاء عليها، يشبه خوض معركةٍ مع الانتقاء الطبيعي، وهي معركة قد يكون من الصعب الفوز بها، فبمجرد أنْ بدأ الباحثون في تصميم تقنيات الدفع الجيني بانتظام في المختبرات، حتى طوَّرت الحيوانات مقاومةً ضدها، مراكمةً طفراتٍ تمنع نظام الدفع الجيني من الانتشار. وعلى سبيل المثال.. في اختبارات نظامَي دفع جيني أُدخلا على جينوم ذباب الفاكهة، لُوحظ أنّ كثيرًا ما كانت تتكون متغيراتٌ جينية تُكْسِب الذباب مقاومةً للنظامين[2]. وفي معظم الحالات، تغير الطفرات تسلسلًا، صُممت أداة «كريسبر» للتعرف عليه، مما يحول دون تحرير الجين. وفي تجارب على البعوض المحتجَز في المختبر، رصد كريسانتي، وتوني نولان - الباحث في مؤسسة «تارجت ملاريا» - تراجعًا تدريجيًّا في تواتر نظامٍ للدفع الجيني على مدى أجيالٍ متعددة، بسبب طفراتٍ مقاومة في الجين المستهدف[3]. وقد هزت تلك النتائج الحقل العلمي، فهل تقضي تلك المقاومة على فاعلية الدفع الجيني؟

وللإجابة عن السؤال السابق نقول إنه ليس بالضرورة حدوث ذلك، إذا أمكن استهداف الجين المناسب، فبعض الجينات يخضع لحمايةٍ مشددة، بمعنى أنَّ أي تغييرٍ فيها من المحتمل أن يقتل الكائن. واختيار هذه الجينات كهدفٍ لنظام الدفع الجيني يعني تكوين عدد أقل من الطفرات، وبالتالي تطوير مقاومة أقل. وفي سبتمبر 2018، تمكَّن كريسانتي وفريقه في المختبر من سحق مجموعة محتجزة من بعوض «الأنوفيلة الجامبية» *Anopheles gambiae* بكفاءة[4] 100%، عن طريق تصميم محرك جيني يعطل وظيفة جين خصوبة يُسمَّى *Doublesex*. وبترسيخ النظام في جينوم البعوض، لا تتمكن الإناث من اللدغ، أو وضْع البيض؛ ومن خلال تواتُر 8 أجيال إلى 12 جيلًا، لم تُنتج المجموعات المحتجزة من البعوض أي بيضٍ على الإطلاق. ولأنَّ جين *Doublesex* بالغ الأهمية للتكاثر، فإنَّه مقاومٌ للطفرات، ومنها تلك التي تُكسِب الكائن مقاومةً لبناء نظام الحث.

يقول كريسانتي إنَّ الفريق أجرى تسع تجارب على مجموعاتٍ محتجزة في المختبر، أدخلوا فيها أكثر من مليون محرك جيني في الجينوم، استهدفت جميعًا جين *Doublesex*، ولم يشهدوا أي مقاومة. وفي الوقت الحالي، يعدل الفريق المحرك الجيني لقطع جين *Doublesex* في مكانين، وليس في مكانٍ واحد، مثلما يعالج الطبيب مرضًا ما بتوليفة من العقاقير. ويقول كريسانتي عن ذلك: "أريد التأكد من أنَّ احتمالية تطوير مقاومة ضعيفةٌ للغاية، قبل أن أُصرِّح بأنَّ التكنولوجيا جاهزة للاستخدام الميداني".

وفي عالَم الثدييات، يواجه العلماء تحدياتٍ أكبر بكثير من مسألة المقاومة، ينبغي لهم التعامل معها. ففي العام الماضي، صممت كيم كوبر وزملاؤها - في جامعة كاليفورنيا بسان دييجو - أساسيات نظام دفع جيني في حيوانٍ ثديي، وهو محرك يعطل جين *Tyr* في الفئران، ويحول فراءها إلى اللون الأبيض[5]. تقول كوبر إنَّ المحرك الجيني كان فعالًا في نسخ نفسه في الجينوم بنسبة 72% فقط، ولم يكن فعالًا في الخط النسيلي للذكور. وتعتقد أنَّ سبب ذلك هو أنَّ انقسام الخلية يحدث في أوقاتٍ مختلفة أثناء تكوين البويضات والحيوانات المنوية، مما قد يؤثر على قدرة نظام الدفع على نسخ نفسه بنجاح من كروموسوم إلى آخر.

وفي هذه التجربة، لم ينتشر نظام الدفع الجيني ذاتيًّا، ولم تلاحظ كوبر الصفة في عدة أجيال لاحقة، ولذا.. تؤكد أنَّه من الناحية التقنية لا يمكن اعتباره نظام دفع جيني. وتضيف قائلة إنه "لا يزال هناك الكثير من العمل المطلوب، لإثبات أنَّ أمرًا كهذا قابلٌ للتحقيق".

ما هي الاستخدامات الممكنة الأخرى للدفع الجيني؟

رغم أنَّ تطبيقات البعوض تهيمن على الحقل العلمي، فإن الاستخدامات المقترحة للحث الجيني تشمل أيضًا الحفاظ على النظم البيئية الحساسة، وتسريع وتيرة العمل في المختبرات.

هناك كائنات حية تحتوي على جينوماتٍ يصعب التحكم فيها، لكنَّ النجاح في ذلك يمكن أن يساعد الباحثين على دراستها. هناك مثلًا «الفطريات المبيضة» *Candida albicans*، التي هي فطريات مسبِّبة للأمراض لدى البشر، وكثيرًا ما تكون مقاوِمةً للعقاقير. وقد طورت ريبيكا شابير - الباحثة في مرحلة ما بعد الدكتوراة في معهد برود، ومعهد ماساتشوستس للتكنولوجيا بمدينة كامبريدج في ولاية ماساتشوستس - نظامًا[6] لدفع طفراتٍ في تلك الفطريات، بكفاءة تقارب 100%. ويمكنها الآن استيلاد الفطريات؛ لتثبيط جينين مستقلين، وتوريث تلك الطفرات إلى النسل. وتقول شابيرو - التي تعمل حاليًّا في جامعة جيلف بكندا - إنَّ "الأمر نجح بكفاءة هائلة". وتستخدم كوبر في جامعة كاليفورنيا بسان دييجو تقنيات دفع جيني لغرضٍ مشابه، وهو إكساب الفئران خصائص معقدة، ودراستها.

يرغب برنامج المكافحة البيولوجية الجينية للقوارض الغازيّة (GBIRd) في استخدام الدفع الجيني في الفئران لأغراضٍ أكبر من مجرد دراستها في المختبر. وجدير بالذكر أن هذا البرنامج هو شراكة بين جامعات وحكومات ومنظمات غير حكومية، تديره مجموعة «آيلاند كونسيرفيشن» Island Conservation غير الهادفة إلى الربح، ويرغب في استخدام التقنية؛ للقضاء على مجموعات القوارض الغازيّة في الجُزُر، حيث تُلْحِق الدمار بالحياة البرية المحلية. تُستخدم المبيدات الحشرية حاليًّا لهذا الغرض، لكنَّها مُكلفة، ويصعب استخدامها في الجُزُر الأكبر حجمًا التي يسكنها البشر. ويقول مدير البرنامج رويدن ساه إنَّه يمكن استخدامها في حوالي 15% فقط من الجُزُر، ويضيف قائلًا: "نسعى إلى دراسة التقنيات التي يمكنها الاضطلاع بالمهمة في الجُزُر المتبقية، التي تبلغ نسبتها 85%".

لذا يعكف اثنان من أعضاء البرنامج - وهما ديفيد ثريدجيل من جامعة تكساس إيه اند إم في مدينة كوليدج ستيشن بولاية تكساس، وبول توماس من جامعة أديلايد في أستراليا - على تطوير تقنيات دفع جيني في الفئران، لكنَّ ساه يعتقد أنَّ الأمر سيستغرق سنواتٍ عديدة، قبل أن تعمل هذه التقنيات بنجاح.

من ناحيةٍ أخرى.. يأمل بعض علماء البعوض في تجربة منهجيةٍ؛ لمنع انتشار الأمراض، تكون أكثر براعةً من القضاء على مجموعات الحشرات بالكامل. وعدَّل عمر عكبري وزملاؤه - في جامعة كاليفورنيا بسان دييجو - بعوض «الزاعجة المصرية» *Aedes aegypti* وراثيًّا؛ للتعبير عن جسمٍ مضاد يحمي البعوضة من السلالات الأربع الرئيسة لحمى الضنك، وذلك في نسخة بحث ما قبل الطبع نُشر في مايو الماضي[7]. ويحاولون حاليًّا ربط هذا الجسم المضاد في محرك جيني؛ لاختبار إمكانية انتشاره. كما يطور عكبري نظام دفع جيني متعدد الأغراض، يُنشِّط مادةً سامة عندما يُصيب أي فيروس بعوض «الزاعجة المصرية»، وليس فيروس حمى الضنك فحسب. ويقول عكبري عن ذلك: "نود صنع «حصان طروادة» داخل البعوضة. فعندما تصاب بعوضة بفيروس ما، سواء أكان فيروس حمى الضنك، أم زيكا، أم شيكونجونيا، أم الحمى الصفراء، أم أيًّا كان، فإنَّه يُفَعِّل نظامنا الذي بدوره يقتل البعوضة".

هل يمكن التحكم في نظام الدفع الجيني؟

قبل أن يشرع كيفين إزفلت قط في صنع أي نظام دفع جيني يعتمد على أداة «كريسبر»، كانت التداعيات تقضّ مضجعه. ويقول عن تلك الفترة: "أدركتُ أنَّ التقنية لن تتعلق بالملاريا فحسب، ومن المحتمل أن تصبح شيئًا يمكن لأي شخصٍ قادر على إنتاج ذبابة فاكهة معدَّلة جينيًّا أن يصممه لتحرير كل ذباب الفاكهة".

ليس من الغريب إذَن أنَّه في عام 2014، عندما صنع إزفلت وعالِم الوراثة جورج تشرتش نظامهما الأول للدفع الجيني في كلية طب هارفارد بمدينة بوسطن في ولاية ماساتشوستس، صمما في الوقت نفسه نظام دفع معاكس ليحل محل النظام الأصلي، إنْ أصدرا الأمر بذلك[8].

واتبع بقية علماء المجال النهج نفسه، فأصبحوا يطورون تقنيات دفع جيني ذات أدوات تحكُّم مدمجة، أو أدوات إلغاء خارجية، أو كليهما. وتموِّل معظم هذه الجهود هيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية (DARPA)، وهي الذراع البحثي لوزارة الدفاع الأمريكية. ففي عام 2017، أعلن برنامج «الجينات الآمنة» Safe Genes - التابع للهيئة - أنَّه كان ينفق 65 مليون دولارٍ أمريكي على سبعة فرق أبحاث مختلفة في الولايات المتحدة، تدرس كيفية التحكم في تقنيات الدفع الجيني، ومواجهة آثارها، وعكسها. وتقول رينيه فانجين، مديرة برنامج «الجينات الآمنة»: "نسعى إلى تقليل احتمال سوء الاستخدام، سواء أكان غير مقصود، أم بِنِيَّةٍ شريرة".

ابتكر إزفلت - الذي تلقَّى تمويلًا في المرحلة الأولى من البرنامج - نظام دفع جيني ذاتي الاستنزاف، يُعرف باسم محرك «ديزي»، وهو مُصمَّم ليفقد رابطًا واحدًا في المرة، مثل قطْع زهرة من سلسلة مرتبطة ببعضها من الرأس إلى الجذع، حتى ينفد تمامًا بعد عدة أجيال[9].

وفي جامعة كاليفورنيا بسان دييجو، يعكف فريق عكبري - المموَّل من هيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية - على تطوير محركات جينية، يُفترض أن تعجز عن الانتشار خارج مجموعةٍ مستهدفة بعينها من البعوض أو الذباب. ويتطلب مثل هذا النوع من المحركات استمرار عملية إطلاقه لعدة أجيال. وعندما تتوقف عمليات الإطلاق، يتراجع انتشاره أمام نُسخٍ من النوع البري للجين، ويمحو نفسه خلال أربع سنوات. ويقول عكبري إنَّ هذه الفترة قد تكون طويلة بما يكفي للقضاء على فيروس مثل زيكا، أو حمى الضنك في جماعةٍ بعينها من البعوض. ويعلّق على تلك الفكرة قائلًا: "في رأيي، هذا أكثر أمانًا إلى حدٍ ما، وفعالٌ إلى حدٍ كبير في الوقت نفسه". وأنتج فريقه بالفعل عدة نسخ من تلك المحركات؛ لاستهداف بعوض الزاعجة المصرية، الذي يُعَد الناقل الأساسي لفيروس حمى الضنك[10].

ويطور فريق مؤسسة «تارجت ملاريا» أيضًا إجراءً مضادًّا، تموله هيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية، لوقف انتشار نظام الدفع الجيني، الذي يستهدف جين *Doublesex* في مجموعةٍ ما.

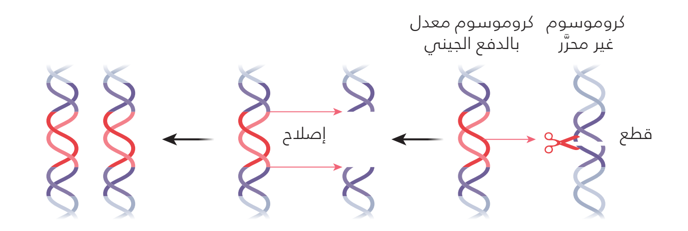
كيف يمكن اختبار تقنية الدفع الجيني؟

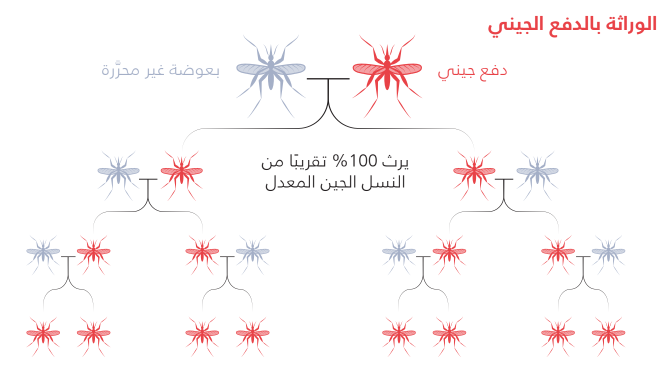
بدلًا من إجراء الاختبارات الميدانية - التي يحظرها صراحة عقد برنامج «الجينات الآمنة»، التابع لهيئة المشروعات البحثية المتطورة بوزارة الدفاع الأمريكية، فضلًا عن الباحثين الذين يتفقون على أنَّ التقنية ليست جاهزةً لإجرائها - تعمل الفرق البحثية على توسيع نطاق التجارب على المجموعات المحتجزة في المختبر، وبناء نماذج بيئية؛ لاستكشاف فوائد نشر التقنية في البرية بشكل آمن، واستكشاف مخاطرها أيضًا.

كيف تعمل تقنيات الدفع الجيني

تستخدم تقنية الدفع الجيني أداة «كريسبر» لإدخال تعديلٍ جيني في جينوم مجموعة لنوع ما، ونشره بمعدلات أعلى من معدلات الوراثة العادية. ويخطط الباحثون لاستخدام هذه التقنية للقضاء على البعوض الحامل للملاريا وغيره من الآفات.

بمجرد أن يُعدل محرك جيني، ويُدمج في جينوم حيوان، يرث نسله المحرك على كروموسوم واحد من أحد الوالدين، فيما يرث جينًا طبيعيًّا من الآخر. وفي أثناء مراحل النمو الأولى، يقطع جزء أداة «كريسبر» من المحرك النسخة الأخرى من الجين، وعندئذ يُصلَح القطع باستخدام المحرك كقالب، ليصبح لدى النسل نسختان من التعديل.





وفي بلدة تيرني بوسط إيطاليا، طبَّق كريسانتي ونولان ظروفًا بيئية متغيرة على مجموعات البعوض المحتجزة في المختبر. ويقول نولان، الذي يدير حاليًّا مختبرًا في كلية ليفربول للطب الاستوائي بالمملكة المتحدة: "نرغب في توسيع نطاق التجارب، بغية اختبارها في ظروفٍ جينية مختلفة، وفي ظل سيناريوهاتٍ أكثر واقعية". ويود هو وكريسانتي محاكاة سلوك التزاوج الطبيعي، كأنْ تشكِّل الذكور أسرابًا لاجتذاب الإناث، ليستكشفا كيف سيؤثر ذلك على انتشار نظام الدفع الجيني.

ويقول كريسانتي إنَّ ديناميكيات انتشار نظام الدفع بين تلك المجموعات المحتجزة في المختبر "واعدة" حتى الآن، إذ يُورَّث بفاعلية، دون وجود أمارات على المقاوَمة. وإذا لم تظهر أي أمور مزعجة في التجارب الأوسع نطاقًا في المختبر، سيسلم الفريق التقنية إلى مجموعاتٍ مستقلة؛ لاختبارها، على أمل الحصول على موافقة الجهات التنظيمية خلال ثلاث سنواتٍ تقريبًا، حسب قوله.

ويبني أيضًا فريق مؤسسة «تارجت ملاريا» نماذج بيئية لمواقع الإطلاق المحتملة، لاستكشاف ديناميكيات انتشار تلك التقنيات في الواقع. وتقوم أحدث دراسات[11] المؤسسة بعمل نماذج لمجموعات البعوض في أكثر من 40 ألف مستوطنة في بوركينا فاسو والبلدان المحيطة بها، وتأخذ في الاعتبار الأنهار، والبحيرات، وتساقُط الأمطار، بالإضافة إلى بياناتٍ ميدانية حول حركة البعوض. وتشير النتائج إلى أنَّه لتقليل العدد الإجمالي للحشرات، ستكون هناك حاجة إلى تكرار عملية إطلاق البعوض المُعدَّل في أنحاء القرى على مدار بضع سنوات، وليس إطلاقه مرةً واحدة فقط.

ويقول تشارلز جودفراي، وهو عالِم أحياء متخصص في مجموعات الأنواع بجامعة أوكسفورد في المملكة المتحدة، وهو أحد المتعاونين مع مؤسسة «تارجت ملاريا»، والباحث الرئيس في الدراسة: "تشير النظرية إلى أنَّه مِن المفترَض إذا أُطلقتَ البعوض مرةً واحدة؛ فسينتشر في جميع أنحاء القارة، غير أنَّ هذا يحدث ببطءٍ شديد في الواقع".

وما يثير القلق أيضًا هو أنَّ تقنيات الدفع الجيني تمتلك القدرة على تغيير مجموعاتٍ بأكملها من الأنواع، وبالتالي تغيير أنظمةٍ بيئية كاملة. كما يمكنها - من الناحية النظرية - التأثير سلبًا على صحة الإنسان، من خلال دفع طفيل الملاريا للتطور؛ ليصبح أشد فتكًا، أو ليكون في الإمكان نقله عن طريق عائلٍ آخر، حسبما تقول ناتالي كوفلر، عالمة البيولوجيا الجزيئية والأخلاقيات البيولوجية. وكوفلر هي المديرة المؤسِّسة لمجموعة «إيديتنج نيتشر Editing Nature» بجامعة ييل في نيو هيفن بولاية كونيتيكت، التي تهدف إلى دراسة التقنيات الجينية البيئية في جميع أنحاء العالم. وتقول كوفلر إنَّ "هذه التقنية يمكنها أن تكون قويةً للغاية، وأن تغيِّر مسار الأمور التي قد لا نكون قادرين على توقعها".

مَن الذي يقرر توقيت استخدام الدفع الجيني؟

بالنسبة إلى تجارب الأدوية، يمكن لشركة أن تبدأ في الإعداد للاختبار الميداني قبل عامٍ أو عامين فقط من إجرائه، لكنَّ تقنية الدفع الجيني تحتاج إلى مزيدٍ من الوقت، حسبما يوضح أوكومو. وفي العام الماضي، كان أوكومو عضوًا في مجموعة عمل علمية، مكونة من 15 عضوًا، نظمتها مؤسسة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية، حيث تقدمت بمجموعة من التوصيات[12] لاستخدام البعوض المُعدَّل بتقنية الدفع الجيني في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى.

يشدد تقرير المجموعة على أنَّ الحكومات والمجتمعات والعلماء المحليين سوف يحتاجون إلى بعض الوقت، لاستيعاب الأسس العلمية وراء هذه التقنية، ولتمكينهم من ضبط استخدامها. ويقول أوكومو عن ذلك: "أقول ذلك بكل اقتناع. وفي النهاية.. أفضل مَن يتخذ مثل هذه القرارات.. الدول نفسها".

وفي عام 2017، جمعت كوفلر مجموعةً من العلماء والمتخصصين في مجال الأخلاقيات؛ لمناقشة الأسئلة المجتمعية المتعلقة بتقنيات الدفع الجيني[13]. وتقول كوفلر إنَّ "الأسئلة الرئيسة تمحورت حول العدالة". وهي ترى أنَّه في النقاشات المتعلقة بإطلاق كائن مُعدَّل جينيًّا في بيئة أفريقية، يحق للمجموعات التي تعرضت للتهميش على مرّ التاريخ أن تكون جزءًا من عملية صنع القرار.

ويرغب أوكومو في أن يصمم العلماء الأفريقيون تقنيات دفع جيني ويختبرونها محليًّا، وهو ما يتطلب احترام الممولين لتلك الجهود، واستعدادهم لدعمها. ويضيف موضحًا أنّ "البشر يخشون المجهول، وفي الوقت الحالي يأتيهم هذا المجهول من منظورٍ غربي. أتطلع إلى اليوم الذي نتمكن فيه من بناء هذه الأنظمة في مختبراتنا، وبهذه الطريقة نحوز ثقة السكان المحليين".

وفي أغسطس 2018، سمحت الوكالة الوطنية للسلامة الحيوية في بوركينا فاسو لمؤسسة «تارجت ملاريا» بإطلاق سلالة عقيمة من ذكر البعوض المُعدَّل جينيًّا، في سابقةٍ هي الأولى من نوعها في القارة الأفريقية. وفي يوليو 2019، أطلق الفريق حوالي 6400 بعوضة مُعدَّلة جينيًّا، لكنَّ جينوماتها لا تحتوي على محركات جينية. ويأمل العلماء أن يؤدي هذا الإطلاق إلى تحسين النظرة إلى تلك الأبحاث، بالإضافة إلى توفير بياناتٍ لعمليات الإطلاق المستقبلية.

ورغم أنَّ الفئران المعدلة بالدفع الجيني ليست جاهزةً لعملية الإطلاق، يعمل برنامج المكافحة البيولوجية الجينية للقوارض الغازية بالفعل مع متخصصي تقييم المخاطر، والمتخصصين في مجال الأخلاقيات، وعلماء النظم البيئية، لتحديد جزيرة؛ لإجراء تجربة ميدانية أولية فيها. ويقول ساه: "نريد أن نتأكد من تنفيذ الأمر بشكلٍ صحيح. وبغضّ النظر عن السرعة التي تتطور بها التقنية، يمكننا الآن تطوير العلوم الاجتماعية والأخلاقية". ■

ميجان سكوديلاري صحفية علمية مقيمة في بوسطن بولاية ماساتشوستس.

1. Windbichler, N. *et al. Nature* **473**, 212–215 (2011).
2. Champer, J. *et al. PLoS Genet.* **13**, e1006796 (2017).
3. Hammond, A. M. *et al. PLoS Genet.* **13**, e1007039 (2017).
4. Kyrou, K. *et al. Nature Biotechnol.* **36**, 1062–1066 (2018).
5. Grunwald, H. A. *et al. Nature* **566**, 105–109 (2019).
6. Shapiro, R. S. *et al. Nature Microbiol.* **3**, 73–82 (2018).
7. Buchman, A. *et al.* Preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/645481 (2019).
8. DiCarlo, J. E., Chavez, A., Dietz, S. L., Esvelt, K. M. & Church, G. M. *Nature Biotechnol.* **33**, 1250–1255 (2015).
9. Noble, C. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **116**, 8275–8282 (2019).
10. Li, M. *et al.* Preprint at bioRxiv https://doi.org/10.1101/645440 (2019).
11. North, A. R., Burt, A. & Godfray, H. C. J. *BMC Biol.* **17**, 26 (2019).
12. James, S. *et al. Am. J. Trop. Med. Hyg.* **98** (Suppl. 6), 1–49 (2018).
13. Kofler, N. *et al. Science* **362**, 527–529 (2018).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



سيمفونية الخلايا

كادت كاساندرا إكستافور أن تختار العمل كمغنية سوبرانو، لكنّها – عوضًا عن ذلك – راحت تدرس الكيفية التي تعزف بها الخلايا المفردة مقطوعة التطور الثرية.

جورجيا جوجليلمي

بحلول ربيع عام 1998، كانت كاساندرا إكستافور قد أمضت أكثر من عامين عالقةً في محاولاتها للانتهاء من رسالة الدكتوراة. انتقلت حينذاك من مسقط رأسها في تورنتو بكندا إلى مختبرٍ رائد في مدريد، حيث حاولت هندسة بيض ذباب الفاكهة؛ لكي يتضمن نوعين مختلفين من التركيبات الجينية. لكنَّها اصطدمت بعقبةٍ وراء أخرى، ولم يستطع أيُّ شخصٍ في المختبر مساعدتها. وكان سيتعين عليها ترك المشروع، إنْ لم تتمكن من إنتاج الذباب خلال الأشهر القليلة التالية.

وفيما جلست مع مشرفها، حيث استرجعت عشرات التجارب الفاشلة التي أجرتها، خرج الاثنان باستراتيجيةٍ أخيرة لإنتاج الذباب باستخدام متغير جيني مختلف. وطمأنها مشرفها إلى أنَّ تلك الاستراتيجية لن تؤدي إلى أي نتائج غير مرغوبٍ فيها، لكنَّه لم يستطع أن يدلل على ذلك بأيّ بياناتٍ مثبتة. ورغم أن الوقت كان يداهمها، لم تكن مستعدةً لتصديقه، دون التحقق بنفسها؛ فشرعت في إجراء سلسلةٍ من التجارب استمرت عدة أشهر، لكي تثبت لنفسها أنَّ الجين سيحقق ما أخبرها مشرفها به. وفي أثناء تلك العملية، صممت أدواتها الخاصة؛ لإجابةٍ عن سؤالٍ لم يتصدَّ له أحدٌ من قبل. وحول ذلك تقول: "هذا هو نوع المشروعات التي أحبها حقًّا".

وما زالت إكستافور، بعد مرور عقدين من الزمان، تسعى لإجابة قضايا بحثية جديدة، داحضةً مفاهيم علمية راسخة، في أثناء بحثها في بعضٍ من أهم الجوانب الأساسية للتطور الحيواني. ففي مختبرها بجامعة هارفارد في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس، تستهدف فهْم كيف تحولت الكائنات وحيدة الخلية إلى كائناتٍ حية متعددة الخلايا في أثناء التطور، وكيف يمكن أن تتطور الأجسام المعقدة لتلك الكائنات الحية من خلايا تحمل جميعها المخطط الجيني نفسه. وفي ذلك تقول إكستافور: "لم أسمع من قبل عن إشكالية أكثر إثارةً للاهتمام من هذه".

وقد دفعها الفضول والتفكير المتأني إلى اختبار صحة فرضياتٍ تحظى بقبولٍ واسع النطاق تتعلق بالتطور، ودحضت في أحيانٍ بعض هذه الفرضيات، ومنها النظريةُ الأهم حول الكيفية التي تولِّد بها معظم الحيوانات سلائف البويضات والحيوانات المنوية[1].

وفي ورقةٍ بحثية نُشرت في الأسبوع الأول من يوليو عام 2019 في دورية *Nature*، أجابت إكستافور وفريقها عن سؤالٍ مطروح منذ سنوات حول التنوع المذهل لبيض الحشرات[2].. فكما يعمل أفراد أي أوركسترا معًا لإنتاج معزوفةٍ موسيقية رفيعة المستوى، تتحكم مجموعة من الجينات المتوازنة بدقة في شكل الكائن الحي ووظائفه. وتُدرك إكستافور تلك الحقيقة أكثر من غيرها؛ إذ تعمل على أبحاثها العلمية بجانب عملها كمغنية سوبرانو. وتقدِّم عروضًا مع فِرقٍ موسيقية محترفة في بوسطن، حتى في الوقت الذي تُعيد فيه صياغة نظرياتٍ علمية راسخة. وقد ظهرت مرارًا في حفلات أوبرا، ومع جوقاتٍ من كندا إلى إسبانيا.

وفي حين يعمل معظم الباحثين على حفنةٍ من أنواع الحيوانات المدروسة بعناية، مثل ذباب الفاكهة والفئران، فإنَّ نجاح إكستافور ينبع من ولعها بحيوانات المختبر، التي قلما تخضع للدراسة، مثل البراغيث الرملية، وصراصير الليل، إذ تنطوي نماذج الكائنات الحية التي تخضع عادة للدراسة على قدْرٍ بسيط من التنوع الموجود في الطبيعة؛ ولذلك.. فإلى جانب تلك الأنواع المعتادة، تدرس إكستافور مجموعةً كبيرة من الحيوانات، تساعدها على كشف الأدوات الجينية التي يستخدمها التطور عادةً.

KORAL CARBALLO

وقد برزت إكستافور أيضًا بوصفها داعمة للتنوع، ولتمثيل مختلف الأطياف، وذلك لتجربتها مع العنصرية والتحامل، بوصفها امرأة مثلية سوداء تعمل في البحث العلمي. وحتى بعد أن حازت منصبًا دائمًا كأستاذةٍ جامعية، فإنَّها ما زالت تصادِف أشخاصًا يفترضون أنَّها لا تنتمي إلى ذلك المجال. ومن ثم، تقضي إكستافور وقتها في توجيه الطلاب المنتمين إلى فئاتٍ لا تحظى بالتمثيل الكافي، وقد ساعدت في تأسيس «جمعية الدول الأمريكية لعلم الأحياء النمائية التطورية» Pan-American Society of Evolutionary Developmental Biology، التي تجمع مئات الباحثين من جميع أنحاء الأمريكتين.

> «لقد درسْت حفنةً من الكائنات غير المألوفة تمامًا، وخرجَت عن التقاليد المعتادة، ونجحَت».

إنّ جدول أعمال إكستافور مزدحم، لكنَّها ترى كل شيءٍ ممكنًا، حسبما يوضح يوهانس ياجر، وهو عالِم في أنظمة الأحياء التطورية من مركز علوم الأنظمة المعقدة بفيينا، وقد عمل مع إكستافور في دراساتها لمرحلة ما بعد الدكتوراة. وعن إكستافور، يقول ياجر: "لا يوجد في مسيرتها العلمية شيءٌ تقليدي، سواءٌ خلفيتها، أم كيفية دخولها مجال العلوم". والنهج الذي تتبعه في أبحاثها يؤتي ثماره بالفعل، إذ يقول ياجر: "لقد درست حفنةً من الكائنات غير المألوفة تمامًا، وخرجت عن التقاليد المعتادة، ونجحت".

بداياتها كموسيقية

كان للموسيقى دورٌ في حياة إكستافور منذ صغرها. أما العلم، فقد جاء دوره في وقتٍ لاحق، بمحض الصدفة تقريبًا.

انتقل والدها إلى كندا من جمهورية ترينيداد وتوباجو في الستينيات، وعمل فنيًّا في مجال البث الإذاعي، وعازفًا إيقاعيًّا في الوقت ذاته. وكان يعزف في الحفلات الموسيقية، واعتاد ممارسة العزف مع أطفاله الأربعة في قبو منزلهم، المكون من ثلاث غرف نوم في وسط مدينة تورونتو. وكانت أُولى الآلات الموسيقية التي عزفت عليها إكستافور هي الطبلة الفولاذية. وفي المدرسة الابتدائية، تعلمت قراءة النوتات الموسيقية، وعلَّمت نفسها العزف على آلة الفلوت، مستعيرةً النوتات من المكتبة. أما في مرحلة الدراسة الجامعية، فقد مارست العزف مع عدة فِرق أوركسترا، وفرق عزف ثنائي، ومارست الغناء الكلاسيكي. وتقول عن تلك الفترة: "كان الهدف المهني الواضح الوحيد الذي أفكر فيه هو أن أكون موسيقيةً".

أصبحت إكستافور مهتمةً بآليات عمل الدماغ، بسبب صديقٍ لها في المدرسة الثانوية.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



HUGH EXTAVOUR

كاساندرا إكستافور تجلس على مقعدها في المختبر في التسعينيات.

وبحلـول نهايـة مرحلـة الدراسـة الجامعيـة، كان قـد انتهـى بها المقـام إلى العمـل في مجال الوراثـة الجزيئيـة. وفي جامعـة تورنتـو، نجحـت فـي الموازنـة مـا بيـن العِلْـم والموسـيقى، إذ قدمـت أول عـرض غنائـي احترافي فـي مسـيرتها مـع أوركسـترا باروكيـة، وعملت فـي أثناء الإجـازة الصيفيـة فـي وظيفـة مسـاعد إداري لجوزيف كولوتـي، المتخصص في علـم الأحياء التطوريـة. وهنـاك علمَـتْ لأول مرة بالإشـكالية التي أصبحت القاسـم المشـترك بين أبحاثها، ألا وهـي كيـف تتحكـم الجينات فـي نمـو الكائنات الحيـة وتطورها.

وفـي الصيـف التالـي، عـادت إكسـتافور إلـى مختبـر كولوتـي، لكن في تلـك المـرة كباحثة متدربـة. وتَرَتَّـب علـى انبهارها بالعمل، وموهبتها في العمل المخبري، أنْ قررت أن تسـتكمل دراسة ما بعد الجامعة، وأن تجعل الغناء عملًا جانبيًّا إضافيًّا.

وفـي أثنـاء دراسـتها للحصـول على درجة الدكتـوراة في مدريـد، عانت صعوبـة في تنفيذ الجانـب التقنـي لهندسـة الذبـاب، لكنَّ ذلك لم يكـن التحدي الوحيد الـذي واجهته. ومع أنَّ المشـرف علـى رسـالتها لـم يعاملهـا بصـورةٍ مختلفـة عـن الطـلاب الآخرين، شـعرت بالعزلة، لكونهـا المـرأة الأولى والوحيدة فـي المختبر.

كانـت قـد اعتادت الشـعور بأنها دخيلة. وبخصوص ذلـك تقول: "لم أكن أبـدو كما يبدو العلمـاء عـادةً". لكـنَّ والدهـا، الـذي تعرَّض للتمييز لكونـه أحد الموظفين السـود القلائل في محـل عملـه فـي تورونتـو، سـاعدها علـى التمتع بمرونـة أكبر. ففـي كل مـرة كان يَصْـدُر فيها عـن شـخصٍ مـا تعليـقٌ عنصـري أو تمييـزي تجاهها، كانـت تتصـل بوالدها. وعن هـذا تقول: "كان يُذكِّرني بأنَّني يجب ألا أتـرك تلـك المشـكلات تمنعني من القيـام بما أريد".

كانـت طموحات إكسـتافور ما تزال تتغير باسـتمرار.. فقرب نهاية مرحلـة الدكتوراة، فكرت فـي التوقـف عـن العمـل فـي مجال البحـث العلمي، وممارسـة الغناء فقط. وقـد علّقت على ذلـك قائلـة: "بأخْـذ كل شـيء في الاعتبار، ربما كان شـعوري وأنـا أعزف وأغنّي للناس أفضل من الشـعور الذي يسـاورني عندما أقع على اكتشـاف جديد".

وقـد قـررت فـي نهايـة المطـاف إعـداد بحث مـا بعد الدكتوراة مع مايـكل أكام، وهو عالِم فـي مجـال الحيـوان والأجنـة بجامعـة كامبريـدج فـي المملكـة المتحـدة. وهنـاك شـرعت في دراسـة الكيفيـة التـي تطـورت بهـا الآليـات التـي تحـدِّد خصائـص الخلايا التناسـلية (سـلائف البويضـات والحيوانـات المنويـة) فـي الحيوانـات، لكنَّهـا - حسـبما أوضـح أكام - نظَّمت أولًا المسـاحات فـي مختبـره، ووضعـت قوائـم شـاملة بالكواشـف المسـتخدَمة فيـه. ويقول عنها: "لقـد جعلـت الأمـور أفضـل للجميع". وكانـت أيضًا مفكرةً حـادة الذهن؛ إذ "لم تكن تسـمح للحاضريـن بزعـم أي اسـتنتاجات مسـتنِدة إلى بيانـاتٍ غير دقيقـة"، على حد قـول أكام.

وفـي أثنـاء دراسـاتها فـي كامبريدج، كتبت إكسـتافور ورقـةً بحثية[1]، دحضت فيهـا فرضيةً مقبولـة علـى نطـاق واسـع في علم الأحيـاء التطورية، إذ زعمـت النظرية السـائدة أنَّ الخلايا التناسـلية لمعظم الحيوانات قد تشكلت في مرحلة مبكرة من النمو، وذلك بفضل الجزيئات الموروثـة مـن الأم. فالكائنـات الحية التي شـاع اسـتخدامها كنماذج دراسـة - ومنهـا الذباب، والديـدان المسـتديرة - تُكوِّن جميعها خلاياها التناسـلية بهذه الطريقة، لكنَّ أحد الاسـتثناءات البـارزة لهـذه الفرضيـة هـو الفئـران، التـي تتشـكل فيها تلـك الخلايا لاحقًـا في أثنـاء التطور، عندمـا تسـتحث الإشـارات بعـض خلايـا الجنيـن؛ لاتخـاذ الخطـوة الأولـى نحـو التحـول إلى بويضـاتٍ لـدى الإنـاث، وحيواناتٍ منوية لـدى الذكور.

ولحرصهـا علـى فهـم الصورة الأوسـع، شـرعت إكسـتافور فـي إجراء مراجعة غير مسـبوقة للبيانـات الموجـودة عـن الآليات التي تحدد خصائص الخلايا التناسـلية في مجموعة واسـعة مـن الكائنـات الحيـة، مـن قناديـل البحـر إلـى السـلاحف؛ فقـرأت أكثر مـن ألف ورقـة بحثية أكاديميـة عـن الخلايـا التناسـلية، وعثـرت في حوالـي 300 منها علـى معلوماتٍ مهمـة متعلقة بأصـل الخلايـا، وهـو مـا قادهـا إلـى اسـتنتاج أنَّ الطريقـة الأكثر شـيوعًا - وربمـا الأقدم من الناحيـة التطوريـة – لعمليـة تكويـن هـذه الخلايـا هـي تلـك العمليـة التـي يمكـن ملاحظتهـا لـدى الفئران.

وأثـارت ورقتهـا البحثيـة هـذه الاهتمـام بكيفيـة تطـور الخلايـا التناسـلية فـي مجموعـة متنوعـة مـن الحيوانـات، وكانـت بمثابة حافز لمجتمع علم الأحيـاء النمائيـة التطورية، وهو شـبكة تضـم مجموعـة مـن العلمـاء المهتميـن بالقواعـد التي تحكـم التطور والنمو، حسـبما أوضـح إيهـاب أبـو هيف، المتخصص في علـم الأحياء التطورية بجامعـة ماكجيل في مدينة

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

مونتريال بكندا. ومنذ ذلك الحين، درست إكستافور مجموعةً من نماذج الكائنات الحية غير المألوفة، مثل شقائق النعمان، والقنافذ البحرية، وهو نهج مقارَن أصبح عنصرًا محوريًّا في أبحاثها.

رائدة في علم الأحياء النمائية التطورية

انتقلت إكستافور إلى جامعة هارفارد في عام 2007، لتدير مختبرها الخاص لدراسة تطور الأجهزة التناسلية وتكوُّنها. وعلى مدار الأعوام الاثني عشر الماضية، حلَّلت الآليات الجينية التي توجه عملية تكوين الخلايا التناسلية في مجموعة كبيرة من الحيوانات، مستخدمةً تلك الآليات لاكتشاف الكيفية التي تتخذ بها الخلايا هوياتٍ مختلفة، رغم تطابُق مادّتها الأولية.

وفي عامي 2014، و2016، بحث فريق إكستافور في أصول الخلايا التناسلية لدى صراصير الليل، ووجد أنَّ الساعيات الجزيئية المُسبِّبة لنمو الخلايا التي تصبح بويضاتٍ أو حيواناتٍ منوية هي نفسها التي اكتُشفت في الفئران[3,4]. وتدعم هذه النتيجة الفكرة القائلة إنّ نظام الإشارات هذا بالغ القِدَم، وأنَّه موروث من آخِر سلف مشترك بين الفئران، وصراصير الليل، عاش منذ أكثر من 500 مليون سنة.

وتدرس إكستافور حاليًّا نوعًا من صراصير الليل، يُعرف باسم *Gryllus bimaculatus*، لاكتشاف الكيفية التي تسهم بها جينات ذلك المخلوق في نموه وتغيُّره مع مرور الوقت. ووجد أحد طلاب الدراسات العليا في فريق إكستافور أنَّ جينوم صرصار الليل يتضمن جينًا مكافئًا لجينٍ في ذبابة الفاكهة، اسمه «أوسكار» *oskar*، يضطلع بدورٍ أساسي في إنتاج الخلايا التناسلية، ويُعَد جينًا "حديثًا"[5] من الناحية التطورية.

إنّ العثور على جينٍ مكافئ لجين «أوسكار» في جينوم صرصار الليل يشير إلى أنَّ الجين - في الواقع - قديم إلى حدٍّ ما، لأنَّ صراصير الليل في أثناء التطور انفصلت عن معظم الحشرات الأخرى في وقتٍ سابق لانفصال ذباب الفاكهة. وتعتقد إكستافور أنّ جين «أوسكار» ربما كانت له وظيفة مختلفة تمامًا في شكله الأول، تتعلق بتطور أدمغة الحشرات، وأجهزتها العصبية، وأنَّ أهميته في تطوير الخلايا التناسلية لم تظهر إلا في وقتٍ لاحق.

ويرى أبو هيف أنّ هذا "اكتشافٌ عظيم الأثر"، لأنَّ فهْم الكيفية التي تغيرت بها وظيفة جين «أوسكار» يمكن أن تكشف كيفية تطوُّر الجينات، وإسهامها في العمليات التطورية الجديدة.

أعادت إكستافور أيضًا دراسة مبادئ التطور باستخدام نهجها المميز، ألا وهو الاعتماد على تلال من البيانات الجديدة، والبيانات الموجودة بالفعل. وفي دراسةٍ منشورة في العدد الأول لشهر يوليو 2019 من دورية *Nature*، يطعن فريق إكستافور في صحة فرضية قائمة منذ فترة طويلة، تتعلق بكيفية تغير شكل بيض الحشرات وحجمه بمرور الزمن.

ويؤدي بيض الحشرات جميعه الوظيفة نفسها، ألا وهي حماية الحشرة النامية داخل البيضة، وإمدادها بالطاقة، لكنَّ التنوع الكبير في أشكال البيض وأحجامه حيَّر علماء الأحياء لقرون. واعتقد البعض أنَّ تلك السمات مرتبطة بحجم الحيوان البالغ، أو المدة التي يستغرقها تطور الجنين، لكنَّ تلك الفرضيات لم تكن قد خضعت لأي دراساتٍ شاملة حتى الآن، حسب قول إكستافور.

ومن ثم، مشطت إكستافور مع فريقها المواد العلمية الصادرة سابقًا، وأنشأوا قاعدة بيانات تضم أكثر من 10 آلاف وصف محدِّد لخصائص بيض الحشرات. وتنوعت أشكال البيض في تلك الأوصاف، من الشكل الكروي شبه التام إلى شكل ثمرة الموز. كما تباينت أوصاف أحجام البيض تباينًا كبيرًا؛ فمنه ما هو أصغر من ذَرّة غبار، ومنه ما هو بحجم حبة التوت الأزرق.

بحَث الفريق عن العلاقات التي تربط بين شكل البيض، وأحجامه، وسمات الحشرات، بما في ذلك الأماكن التي تضع فيها الحشرات بيضها، والوقت الذي تستغرقه البيضة المُخصَّبة؛ لكي تتحول إلى يرقة. وقد كشف التحليل عن مفاجأة؛ ألا وهي أنّ تطوُّر شكل البيض وحجمه يعتمد - إلى حدٍّ كبير - على مكان وضع البيض.. فالبيض الموضوع في الماء غالبًا ما يكون صغير الحجم، وكروي الشكل، أما البيض الذي تضعه الحشرة في جسم حيوانٍ آخر، فيكون صغير الحجم أيضًا، لكنَّه عادةً ما يتخذ أشكالًا غريبة.

وتقول لورا لافين - وهي عالمة متخصصة في فسيولوجيا الحشرات وعلم الأحياء التطورية بجامعة ولاية واشنطن في بولمان - إنّ هذه النتائج تعارِض الفرضيات القديمة التي تربط حجم البيض بحجم جسم الحشرة البالغة. وتضيف لافين قائلة إنّ كثيرين من العلماء افترضوا أنَّ تلك العلاقة بين الأحجام تحسم النقاش في المسألة، أما الآن، "فهذه الدراسة تبدِئ النقاش من جديد". وعلى حد قولها.. فإنّ فهْم الكيفية التي تتغير بها البيض، اعتمادًا على البيئة، يمكن أن يكشف عن بعض العوامل المحدِّدة الرئيسة، التي تتحكم في كيفية نمو الحيوانات وتطورها.

في النهاية، تأمل إكستافور أن تساعدها دراسة البيض والأجنة والأجهزة التناسلية للحشرات في فهْم القواعد التي حَكَمَت تطوُّر أوائل الكائنات الحية متعددة الخلايا. وتقول إنَّ اكتشاف الآليات وراء أداء الخلايا لوظائف مختلفة في بيئاتٍ مختلفة، رغم أنَّها تحتوي على الحمض النووي نفسه – على سبيل المثال.. أيُّ البرامج ينشئ خليةً منوية، والعوامل المؤثرة في حجم البيضة - يمكن أن يساعد في حل اللغز. وهذه الأسئلة هي القوة الدافعة لإنشاء مركز أبحاث جديد بجامعة هارفارد، تشارك إكستافور في قيادته، بميزانية تبلغ 10 ملايين دولار أمريكي.

وفي الوقت الحالي، يترقب الكثيرون إنجاز إكستافور المقبل، إذ يقول عنها كايسي دان، وهو متخصص في علم الأحياء التطورية بجامعة ييل في نيوهايفن بولاية كونيتيكت: "إنَّها واحدة من بين مفكري علم التطور المتعمقين" ويضيف قائلًا: "بل وتتصدى لمسائل دقيقة التفاصيل في علم التطور".

نصيرة التنوع

في نوفمبر عام 2013، كان لزامًا على إكستافور إلقاء ندوةٍ مهمة، وكانت هذه هي العقبة الأخيرة أمام طلبها للفوز بمنصب دائم كأستاذة في جامعة هارفارد. وقبل عرض إنجازاتها العلمية، ذكَّرت إكستافور الجمهور بأنَّ النساء لم يكن بمقدورهن أن يدرسن على أيدي علماء جامعة هارفارد حتى أواخر سبعينيات القرن التاسع عشر، وأنَّه قد مضى بعدها أكثر من 100 عام، قبل أن تتمكن المرأة من الحصول على الدرجات العلمية نفسها، التي تمنحها الجامعة لأقرانها من الرجال. وأضافت عن ذلك: "لو لم يحدث ذلك، ما كنتُ لأقف بينكم في هذا المكان اليوم".

وتوضح ديديم ساريكايا - وهي حاليًّا عالمة أحياء بجامعة كاليفورنيا في ديفيس، وكانت في ذلك الوقت طالبة دكتوراة في مجموعة إكستافور البحثية - قائلة إنّ قليلًا من الناس كانوا سيلفتون الانتباه بهذا الشكل إلى التاريخ المضطرب للمؤسسات التي يعملون بها. لكنْ لطالما هَبَّت إكستافور للدفاع عن الأشخاص المنتمين إلى فئاتٍ تعرّضت للتهميش في مجال العلوم على مدار التاريخ، وانتفضت لتمثيلهم، إذ إنَّ العلماء والمهندسين السود غالبًا ما يشعرون بعدم الانتماء، حسبما أوضحت رحيل إمرو، الطالبة الجامعية والرئيسة القادمة لجمعية العلماء والمهندسين السود بجامعة هارفارد، التي عادةً ما تتولى إكستافور توجيه أعضائها وإرشادهم.

> **«لم أكن أبدو كما يبدو العلماء عادةً».**

وتقول إكستافور إنَّ التفاعل مع الطلاب السود أمرٌ مهم أيضًا لإدخال السعادة عليها؛ فهي تواجه العنصرية باستمرار في حياتها، حسبما قالت. وعلى سبيل المثال.. في بعض المؤتمرات، طلب منها أشخاصٌ أن تعيد ملء أكواب القهوة الخاصة بهم. ومؤخرًا عندما وصلت إلى بوابة أحد المباني في جامعة هارفارد؛ لحضور عشاء عمل مؤخرًا، أشار إليها أحد حراس الأمن بالتوجه إلى مدخل الخَدَم، مفترضًا أنَّها كانت هناك لتقديم العَشاء.

ومع أنّ الموسيقى تمدّها بقدْر من السلوى والعزاء، فعلى حد قولها.. الدور الذي يلعبه أصدقاؤها وأفراد أسرتها في حياتها مهم بلا شك، فزوجتها - وهي أيضًا امرأةٌ سوداء - تُعَد مصدر دعمٍ لا يُقدَّر بثمن. وتقول عنها: "يمكننا أن نفهم الكثير مما تمر به كل منا".

لم تخبر إكستافور زملاءها بميولها الجنسية حتى سنوات دراسات ما بعد الدكتوراة. ولذا.. تقول إنَّ بإمكانها أن تتفهم مشاعر الطلاب الذين يعلنون مثليتهم أو ازدواجيتهم الجنسية، أو حتى كونهم من المتحولين جنسيًّا، أو من ذوي التوجهات الجنسية المختلفة الأخرى. والملصقات التي تحمل صورة عَلَم ذي قوس قزح على أبواب مكتبها وفي أماكن مختلفة من المختبر تعلِن للطلاب أنّ الجميع مُرحَّب بهم. وهي ترى أن "إعلان المرء عن توجهه الجنسي في العمل مهم، لأنَّه يمنح الشباب فرصةً لِأَنْ يروا أنَّه من الممكن لشخصٍ ما أن يكون مثليًّا، وأنْ يُعلن ذلك، ويستمر في الحياة، ويحظى بوظيفةٍ أيضًا".

تعلمت إكستافور من أفراد عائلتها أنَّها يجب ألا تَدَع مشاعر التحامل والتحيز التي يبديها الآخرون تجاهها تحدِّد ما يمكنها فعله، وألهموها وَضْع معاييرها الخاصة؛ للحكم على جودة ما ينبغي لها فعله. ومَن يعرفونها يقولون إنَّها تمتلك أهدافًا وطموحاتٍ كبيرة، أو كما يقول دان: "تحرِّكها أسئلةٌ كبيرة، وعيناها مصوَّبتان دائمًا نحو الأفق البعيد". ■

جورجيا جوجليلمي هي صحفية علمية مقيمة في كامبريدج بولاية ماساتشوستس.

1. Extavour, C. G. & Akam, M. *Development* **130**, 5869–5884 (2003).
2. Church, S. H., Donoughe, S., de Medeiros, B. A. S. & Extavour, C. G. *Nature* **571**, 58–62 (2019).
3. Donoughe, S. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **111**, 4133–4138 (2014).
4. Nakamura, T. & Extavour, C. G. *Development* **143**, 255–263 (2016).
5. Ewen-Campen, B., Srouji, J. R., Schwager, E. E. & Extavour, C. G. *Curr. Biol.* **22**, 2278–2283 (2012).

تعليقات

التحيز ما السبب وراء استمرار الصور النمطية في مجال الرياضة؟ **ص. 38**

الحفظ يحمل النحل البريّ مفاتيح إنقاذ مستعمرات نحل العسل من الانهيار **ص. 40**

ملخصات الكتب تقدِّم باربرا كايسر ملخصات لخمسة كتب علمية منتقاة **ص. 41**

كتاب سيرة كيف سرَّب الجاسوس كلاوس فوكس فيزياء القنبلة النووية؟ **ص. 42**



JOSHUA LOTT/NYT/REDUX/EYEVINE

باحثان أمام شاشة عرض توضِّح تسلسل الحمض النووي لخلية سرطانية لمريض.

أعيدوا تسمية متلازمة سرطان الثدي لتساعدوا في إنقاذ الأرواح

يحاجج **كولن سي. بريتشارد** بأنّ الأفراد من جميع الأجناس قد يحملون جينات خطيرة، يُفترض عادةً أن تأثيرها يقتصر على النساء فقط. وقد يساعد طرح تسمية جديدة للمرض على الوقاية من السرطان، وعلاجه.

خُضتُ مؤخرًا حديثًا مع والديّ حول الاختبارات الجينية المختصة بالكشف عن خطر الإصابة بالسرطان، فسأل أبي: "أتقصد أن الرجال أيضًا يحملون جينات *BRCA*؟". وشاركت أمي في الحوار قائلة: "كنتُ أظنّ أنها جينات خاصة بسرطان الثدي".

وليس والديَّ فقط هما مَن لا يدركان أن الأفراد من الأجناس كافة (وهذا يشمل المتحولين جنسيًّا) قد يحملون طفرات في الجينين؛ *BRCA1*، و*BRCA2*، فهناك كثيرون لا يدركون ذلك. وهذه الجينات ترمّز البروتينات التي تُعتبَر مرتبطة باحتمالية الإصابة بسرطان الثدي، لكنها ترتبط أيضًا بتزايد خطر الإصابة بسرطان البروستاتا، وسرطان البنكرياس، وغيرهما من الأمراض.

ونظرًا إلى أن هذه الحقيقة لا يدركها الكثيرون، نجد أن الأشخاص المعرّضين لخطر كبير لا يخضعون للفحوص في الوقت المناسب. كما يقل احتمال الخضوع للفحص – على وجه الخصوص - في أوساط أولئك الذين يعرِّفون أنفسهم في المجتمع كرجال[1]. وقد يواجه الأشخاص ممن يخضعون للفحص صعوبة في استيعاب المدلول الكامل لنتائجهم، سواء فيما يتعلق باحتمالية إصابتهم بالسرطان، أو احتمالية إصابة أفراد أُسَرهم به. ◄

في العام الماضي (2018)، كنت مشاركًا في رعاية رجل مصاب بسرطان البروستاتا في مرحلة متأخرة. وكان يعلم أن شقيقته تحمل طفرة في جين *BRCA2*، لكنه لم يخضع لفحوص لاكتشاف ما إنْ كان حاملًا للطفرة، أم لا، إذ لم يوصه أي من ممارسي الطب العام بالخضوع لهذا الفحص. ولم يستطع هذا الرجل السير؛ بسبب الألم الناجم عن السرطان، وكان يفكر في اللجوء إلى مستشفى لرعاية ذوي الأمراض العضال عندما اقترح طبيب أورام جديد إجراء فحص وراثي له. وتمكّن المريض بعد اكتشاف أنه يحمل طفرة جين *BRCA2* من البدء في الخضوع لعلاج أكثر فعالية للسرطان، وفي غضون أسابيع كان قادرًا على لعب الجولف. وفوق ذلك.. كان للرجل ابنتان اعتقدتا أنهما لم تكونا معرّضتين لخطر حمل طفرة في جين *BRCA2*، لأنها كانت من طرف والدهما. وخضعتا للاختبار، واستخدمتا النتائج لاتخاذ تدابير وقائية تقلل من احتمال الإصابة بسرطان الثدي والمبيض إلى حد كبير.

في رأيي، ينبع جزء من الالتباس من أن حاملي الطفرات في جيني؛ *BRCA1*، أو *BRCA2* يقال إنهم مصابون بـ«متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية»، أو ما يُعرف اختصارًا بـHBOC. وهذا المصطلح ليس مضلِّلا فحسب، بل إنه مستعصٍ كذلك على النطق، ويصعب تذكُّره أيضًا. ولحسن الحظ، هناك حل بسيط؛ ألا وهو إعادة تسمية المتلازمة.

اعتبارات تدخل في تسمية المرض

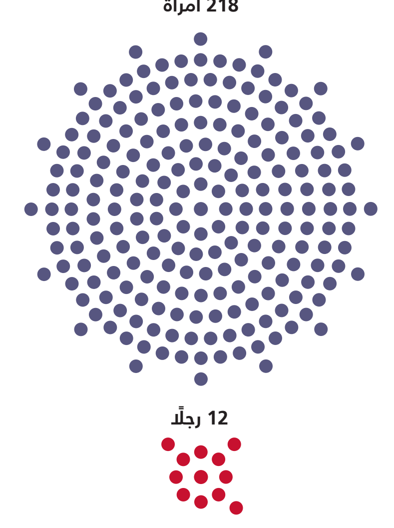
يحمل عدد يتراوح بين فرد واحد من كل 40 فردًا، وفرد واحد من كل 400 فرد طفرة في أحد الجينين؛ *BRCA1*، أو *BRCA2*، وذلك يتوقف على المجموعة السكانية التي نكون بصددها. ومن ثم، في تقديري، فإن الالتباس الناجم عن اسم المتلازمة قد يؤثر على آلاف الأشخاص المصابين بالسرطان، وأُسَرهم.

تتساوى الأجناس جميعها في معدلات إصابتها بالطفرات في الجينين *BRCA1*، أو *BRCA2*؛ وجميعها متساوية في احتمالية توريثها لهذه الطفرات إلى نسلها. ومع ذلك.. فقد أظهرت دراسة أجريت في عام 2018 أن عدد النساء اللواتي خضعن لفحوص للكشف عن هذه الطفرات يفوق عدد الرجال[1] بعشرة أمثال في الولايات المتحدة الأمريكية (انظر: «فحوص لم تُجرَ»)؛ بينما كانت معدلات فحوص الكشف عن الجينات المرتبطة بخطر الإصابة بسرطان القولون متساوية بين الجنسين. وأظهرت دراسات أخرى أن الرجال الذين خضعوا للفحص من أجل الكشف عن طفرات الجينين؛ *BRCA1*، أو *BRCA2*، والذين جرى تشخيصهم بالإصابة بمتلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية، كثيرًا ما يكونون غير متأكدين من إمكانية إصابتهم بالسرطان، وأحيانًا يخفون المعلومات عن عائلاتهم؛ خشية من وصمهم[2,3].

وعلى غرار مصطلحات طبية عديدة، يصعب تحديد الأصل الدقيق لمصطلح «متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية». فقد ظهر لأول مرة في المؤلفات العلمية في أوائل تسعينيات القرن الماضي، في وقت قريب من اكتشاف الجين *BRCA1*. وفي العقود السابقة على ذلك، كان يتم

فحوص لم تُجرَ

كان عدد النساء اللاتي أفدن بخضوعهن لفحوص الكشف عن طفرتي* *BRCA1*، أو *BRCA2*، يفوق عدد الرجال الذين خضعوا للفحوص نفسها بأكثر من عشرة أمثال، وذلك وفقًا لـ34 ألف شخص، جرى استطلاع آرائهم في استقصاء في الولايات المتحدة.



*الأرقام الموضحة هي بيانات أولية غير مرجّحة، وليست تقديرات معدلة كتلك المعطاة في المرجع رقم 1.

SOURCE: REF. 1

وصف سرطان الثدي الوراثي، وسرطان المبيض الوراثي كمرضين مختلفين، على اعتبار أنه تكثر الإصابة بهما ضمن عائلات محددة. وأتاح اكتشاف الجين *BRCA1*، ثم اكتشاف جين *BRCA2* بعده، لمتخصصي الطب الإكلينيكي الربط بين متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية، وسبب جيني محدّد، لكن آنذاك.. لم تكن المجموعة الكاملة لأمراض السرطان المقترنة بهذين الجينين معروفة بعد.

أقترح إعادة تسمية متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية باسم متلازمة «كينج» King، فهذا اسم يسهل تذكُّره. وهو لا يعني أن المرض يصيب جنسًا واحدًا فقط، أو أن الأشخاص الذين يحملون طفرات في الجينين؛ *BRCA1*، أو *BRCA2* سيصابون بأنواع بعينها فقط من السرطان.

هذا.. وسوف يُعترف بالإسهامات الجوهرية لعالمة وراثيات السرطان الرائدة ماري-كلير كينج، صاحبة اكتشاف الجين *BRCA1* (انظر: «رائدة علم وراثيات السرطان»).

تأثير فوري

قد تكون هناك فوائد مباشرة لتغيير اسم متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية إلى متلازمة «كينج»، تعود على مقدمي الرعاية الصحيّة، وعلى المرضى جميعهم، وهي كالتالي:

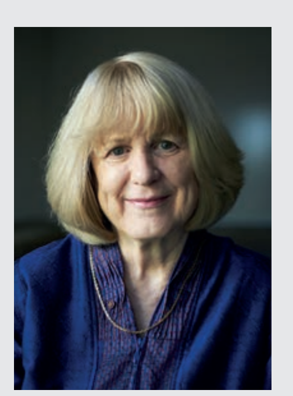
المرونة: فإزالة نوع السرطان من اسم المتلازمة ونوعية الجنس الذي يصاب بها من الاسم من شأنه إتاحة مزيد من المرونة مع تطور المعرفة العلمية.

وقد يكون الأشخاص الذين يحملون طفرات في جينات أخرى بخلاف *BRCA1*، و*BRCA2* مصابين بمتلازمة مشابهة لمتلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية. وقد اقترح بعض الباحثين إعادة تسمية الجين *PALB2* باسم *BRCA3*. (يرمز الجين *PALB2* بروتينًا يشترك مع بروتين BRCA2 في مسار ترميم الحمض النووي عينه، وهناك تأثيرات متماثلة للطفرات في كليهما[4].) وبإيجاز.. سيمكّن مصطلح متلازمة «كينج» الباحثين من ربط جينات أخرى بالمتلازمة بسهولة أكبر مع تقدُّم المعرفة العلمية.

التواصل: إذ سييسّر تغيير الاسم أيضًا إدراك الناس لحقيقة أن هذه المتلازمة تصيب الأجناس كافة، ويمكن أن تُورَّث لنسل الذكور، ويمكن ربطها بالجينات التي لا يرتبط اسمها تحديدًا بسرطان الثدي، أو المبيض.

لنأخذ سرطان البروستاتا كمثال، حيث يوصي أحدث الإرشادات التوجيهية الإكلينيكية الأمريكية بخضوع الأشخاص المصابين بسرطان البروستاتا في مراحل متأخرة لفحوص؛ لتقصِّي وجود طفرات في الجينين؛ *BRCA1*، و*BRCA2*. وينبع هذا من اكتشاف أن نسبة عالية من المصابين بسرطان البروستاتا الذي انتقل إلى مناطق أخرى (سرطان نقيلي) تحمل طفرات في هذين الجينين، وكذلك في جينات ترميم الحمض النووي الأخرى ذات

ماري-كلير كينج
رائدة علم وراثيات السرطان



MARY-CLAIRE KING

في منتصف سبعينيات القرن الماضي، كانت ماري-كلير كينج (في الصورة) أول مَن أدرك أن سرطان الثدي والمبيض الوراثيّين قد يكونان ناجمَين عن جين واحد. وفي عام 1990، تعرَّفت - بمساعدة فريقها من جامعة كاليفورنيا، بيركلي - على موضع الجين *BRCA1* (المرجع رقم 13،14). وفي الوقت الحالي، في جامعة واشنطن بسياتل، يشار[15] إلى كينج باعتبارها مؤسسة علم وراثيات السرطان، ومناصِرة قديمة لفحوص الجينين؛ *BRCA1*، و*BRCA2*.

وقد أجرى مئات الآلاف من الأشخاص فحوص الكشف عن طفرات هذين الجينين، وأُنقِذت حياة عدد كبير من الناس، عن طريق الوقاية من السرطان، لكنْ في ضوء وجود عدد يقدّر بحوالي 19 مليون حامل للطفرة في جميع أنحاء العالم على الأقل، ما زال أمامنا طريق طويل. **كولن سي. بريتشارد.**

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الصلة، التي ترتبط عادة بسرطان الثدي، والمبيض. وتتبع هذه التوصيات أيضًا من معرفة أن وجود مثل تلك الطفرات له تأثير على فعالية العلاجات[5-8].

ومع ذلك.. فلم تُحدَّث الإرشادات التوجيهية لعلاج سرطان البروستاتا إلا مؤخرًا، لتتضمن توصية بإجراء فحص للكشف عن طفرات الجينين؛ *BRCA1*، و*BRCA2*. فقبل عام 2017، أُتيحت لمقدمي الرعاية الصحية في الولايات المتحدة توصيات، يبدو أنها تركز على سرطان الثدي والمبيض. وعلى وجه التحديد، اقتصر وجود هذه التوصيات على الإرشادات التوجيهية التي تحمل عنوان «التقييم الوراثي/العائلي لارتفاع خطر الإصابة: الثدي، والمبيض»[9].

فوائد التسمية الجديدة

وهناك سابقة لإعادة تسمية متلازمة مرتبطة بخطر إصابة بالسرطان، نسبةً إلى عالِم رائد؛ من أجل شرح المتلازمة.

على مدى عدة سنوات، أشار مقدمو الرعاية الصحية وغيرهم إلى الأشخاص الذين يحملون طفرات في أي من الجينات الأربعة المشاركة في نوع معين من آليات ترميم الحمض النووي، باعتبارهم مصابين بمتلازمة سرطان القولون والمستقيم الموروثة غير المصاحَبة بالأورام السليلية، أو ما يُعرف اختصارًا بـ(HNPCC). وعلى مدار السنوات العشر الماضية، لجأ المختصون مرة أخرى إلى المصطلح الأصلي، وهو متلازمة «لينش» Lynch. فقد (أنجز الطبيب الأمريكي هنري لينش - الذي توفي في شهر يونيو الماضي - العديد من الأعمال الرائدة في ستينيات القرن الماضي، والسبعينيات منه؛ للتعرف على هذه المتلازمة التي تصيب عائلات بعينها[10]).

وكما هو الحال مع متلازمة سرطان الثدي والمبيض الوراثية، وجد متخصصو الطب الإكلينيكي وغيرهم أن اسم متلازمة سرطان القولون والمستقيم الموروثة غير المصاحبة بالأورام السليلية مضلل؛ لأنه لا يعكس بدقة أنواع السرطان المقترنة بهذه المتلازمة، فالأشخاص المصابون بمتلازمة «لينش» أكثر قابلية للإصابة بسرطان القولون والمستقيم، لكنهم قد يصابون أيضًا بسرطان بطانة الرحم (الذي يبدأ في الرحم)، وكذلك سرطان المعدة، والمبيض، بالإضافة إلى بعض أشكال سرطان المثانة، والعديد من أنواع السرطان الأخرى. كما أنهم معرضون أيضًا لخطر تكوين آفات مُمهِّدة للإصابة بالسرطان في القولون (أورام سليلية في القولون، والمستقيم)، وهو ما يجعل عبارة «غير المصاحَبة بأورام سليلية» في الاسم القديم عبارة مضلّلة للغاية.

وقد لا يوافق البعض على أن اسم متلازمة «كينج» هو الخيار الأفضل للتسمية الجديدة؛ لأنه لا يصف المتلازمة. وربما يفضلون - عوضًا عن ذلك – اسمًا آخر، مثل «متلازمة القصور في ترميم الحمض النووي بإعادة التركيب المتماثل». لكنّ اسمًا كهذا سيكون مثل نظيره السابق، يصعب تذكُّره في أوساط مقدمي الرعاية الصحية، والمرضى.

وقد يساور القلق آخرين بشأن احتمال انخفاض معدلات إجراء الفحوص بين النساء متوافقات الجنس (اللاتي يتوافق جنسهن الحالي مع الجنس الذي وُلدن عليه) في ظل التسمية الجديدة (خاصة بالنظر إلى الدلالة الذكورية لكلمة «كينج»)، وأن الرعاية الصحية المرتبطة بالمرض قد تتأثر. وأنا أقرّ بإمكانية وجود جوانب سلبية محتملة للتسمية، لكني أعتقد أنها ستتراجع أمام التحسن في الرعاية الصحية الذي قد يترتب عليها، إذ يمكن للاسم أن يساعد الناس على فهْم أن خطر إصابتهم بالسرطان لا يقتصر على سرطان الثدي، والمبيض. وقد يساعدهم أيضًا على التعبير بشكل أفضل عن مخاطر المرض لأفراد أُسَرهم، أو لمقدم رعاية صحية جديد، وبالتالي تعزيز فرصة إجراء الفحص.

قد تؤدي إعادة تسمية المتلازمة إلى إثارة نقاش أوسع حول الأسماء المربكة للمتلازمات الوراثية السرطانية. فعلى سبيل المثال.. تنجم «متلازمة سرطان المعدة المنتشر الوراثية» بشكل أساسي عن طفرات موروثة في الجين *CDH1*، الذي يرمِّز بروتينًا يساعد على تكوين شكل الخلايا الظهارية، ويحافظ عليه. ومن أمثلة هذه الخلايا.. تلك الموجودة في بطانة الأمعاء. ويكون حاملو هذه الطفرات أكثر عرضة بكثير من عامة الناس للإصابة بنوع معين من سرطان الثدي[11]، ويواجه نسل الأسر المصابة بهذه المتلازمة خطر الإصابة ببعض أنواع التشوهات الخلقية؛ مثل الشفة المشقوقة[12].

في نهاية المطاف، يُلاحَظ أنّ استخدام أسماء بسيطة، ومرنة، بدلاً من أسماء صعبة الفهم، لا تواكب الدراية العلمية الآخذة في التطور، من شأنه أن ينقذ الأرواح؛ من خلال تحسين التواصل، ورفع الوعي. ■

كولن سي. بريتشارد أستاذ مساعد في قسم طب المختبرات بجامعة واشنطن، ورئيس قسم التشخيص الدقيق في معهد بروتمان باتي للطب الدقيق في سياتل بواشنطن، الولايات المتحدة الأمريكية. وهو أحد زملاء ماري-كلير كينج.
البريد الإلكتروني: cpritch@uw.edu

1. Childers, K. K., Maggard-Gibbons, M., Macinko, J. & Childers, C. P. *JAMA Oncol.* **4**, 876–879 (2018).
2. Rauscher, E. A., Dean, M. & Campbell-Salome, G. M. *J. Genet. Couns.* **27**, 1417–1427 (2018).
3. Strømsvik, N., Råheim, M., Øyen, N., Engebretsen, L. F. & Gjengedal, E. *J. Genet. Couns.* **19**, 360–370 (2010).
4. Antoniou, A. C. *et al. N. Engl. J. Med.* **371**, 497–506 (2014).
5. Castro, E. *et al. J. Clin. Oncol.* **31**, 1748–1757 (2013).
6. Mateo, J. *et al. N. Engl. J. Med.* **373**, 1697–1708 (2015).
7. Na, R. *et al. Eur. Urol.* **71**, 740–747 (2017).
8. Pritchard, C. C. *et al. N. Engl. J. Med.* **375**, 443–453 (2016).
9. National Comprehensive Cancer Network. *Genetic/Familial High-Risk Assessment: Breast and Ovarian* Version 2.2019 (2019).
10. Lynch, H. T., Snyder, C. L., Shaw, T. G., Heinen, C. D. & Hitchins, M. P. *Nature Rev. Cancer* **15**, 181–194 (2015).
11. Hansford, S. *et al. JAMA Oncol.* **1**, 23–32 (2015).
12. Figueiredo, J. *et al. J. Med. Genet.* **56**, 199–208 (2019).
13. Hall, J. M. *et al. Science* **250**, 1684–1689 (1990).
14. King, M. C. *Science* **343**, 1462–1465 (2014).
15. King, M. C., Levy-Lahad, E. & Lahad, A. *J. Am. Med. Assoc.* **312**, 1091–1092 (2014).

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



الرياضيات الكينيات يتعرضن كثيرًا للجدل بشأن تفوقهم الوراثي المزعوم في سباقات الركض لمسافات طويلة.

SVEN TORFINN

تحيز

التمييز العنصري والمنافسة

تُقدِّم **أنجيلا سايني** تقييمًا لكتاب يوضح كيف أن الممارسات العلمية السيئة لا تزال قائمة في مجال الرياضة، واختبارات نسبة الذكاء، وغيرهما من المجالات.

في عربة أَقَلَّت جافِن إيفانز مجانًا في زيمبابوي في عام 1981، التقى بزوجين يتحدثان اللغة الإنجليزية، وأخبراه بأن القدرات العقلية لدى الأفريقيين السود محدودة للغاية، لدرجة تجعلهم عاجزين عن اختراع أي شيء. نشأ إيفانز ذو البشرة البيضاء في جنوب أفريقيا، إبان عهد الفصل العنصري هناك. وكما يقول في كتابه «ما وراء البشرة» *Skin Deep* (إضافة إلى كتابه «العقل الأسود، والعقل الأبيض» *Black Brain, White Brain*، الذي نُشر في عام 2014)، فإن "بشرته الشاحبة الباعثة على الطمأنينة" مكَّنته من الاطلاع على صور التعصب المعتاد الذي كان يُمارَس من جانب غيره من البيض الذين "تربَّوا على العنصرية". وظن كثيرون أنه قد يشاطرهم آراءهم البغيضة نفسها، لكنه لم يفعل. ونظرًا إلى أن هذه الممارسات كانت صادمة له، فقد عقد العزم على محاربة التعصب من خلال كتاباته.

يحلل إيفانز - الكاتب، والمُحاضر الإعلامي - في كتابه «ما وراء البشرة» الحجج العلمية الزائفة والمضللة التي لا تزال تُستخدم كذريعة لتبرير العنصرية. وفي كتابي الأخير «العِرْق الأسمى» *Superior*، أتناول موضوعًا مشابهًا (انظر: R. Nelson *Nature* **570**, 440-441; 2019). ونظرًا إلى أن الكتاب الذي ألَّفه ستيفن جاي جولد، وعنوانه «المعايير البشرية المغلوطة» *The Mismeasure of Man*، الذي ينتقد فيه نظرية الحتمية الجينية، نُشر خلال عام 1981، أي قبل قرابة 40 عامًا، فقد تظن أن إعادة تأكيد عدم وجود أساس وراثي لما يعتبره الناس سلالة أو عِرْقًا، قد فقدت أهميتها، لكن البيئة السياسية الحالية تذكِّرنا بأن فكرة الفروق العميقة بين المجموعات السكانية، المسَلَّم بها، لا تزال قائمة.

ما وراء البشرة: جولات في عِلْم الأعراق المثير للجدل
جافِن إيفانز
دار نشر «وان وورلد»، (2019)

إنّ "عِلْم" الأعراق – ويُقصد به الأبحاث التي تتقصى وجود هذه الفروق، ونطاق انتشارها – قد اختفى بدرجة ما من علم الأحياء، فمعظم التباين الوراثي البشري يُنظر إليه اليوم على أنه عامل فردي، يتباين من شخص إلى آخر؛ بمعنى أن مَن ينتمون إلى مجموعات سكانية مختلفة مِن السهل أن يكونوا أكثر تشابهًا من الناحية الوراثية، مقارنةً بالأفراد الذين ينتمون إلى المجموعة السكانية نفسها. ورغم ذلك.. فإن استمرار الممارسات العنصرية المعتادة، وإدراك الفروق الثقافية الإقليمية، واستخدام التصنيفات العنصرية

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

GRANGER HISTORICAL PICTURE ARCHIVE/ALAMY

(مثل مصطلح "الجنس القوقازي" في الطب، والتوظيف، وعمليات جمع البيانات الرسمية) تُعمي كثيرين جدًّا عن إبصار هذه الحقيقة.

ويُسلط إيفانز الضوء على موضوعين محورين فيما يتصل بأشكال التنميط العنصري؛ هما: الرياضة، والذكاء. وكان الجزء الذي خصَّصه من كتابه حول نجاح عَدّائي الماراثون الكينيين في السباقات الدولية رائعًا؛ فهو يهدم فكرة طرح تفسيرات وراثية وراء أي إنجازات رياضية تحققها أي منطقة. فقد تكهن البعض بأنّ الكينيين ربما يملكون - في المتوسط - سيقانًا أطول وأنحف، مقارنة بغيرهم، أو أن لديهم اختلافات في وظائف القلب، والعضلات، بيْد أن إيفانز يشير إلى أننا لا نصدر مثل هذه التعميمات على اللاعبين البريطانيين البيض عندما يُظهِرون براعة مدهشة في مسابقات ألعاب القوى العالمية. فمزاعم البراعة الرياضية هذه ما هي إلا ادّعاءات تنم عن بَلادة، شديدة التأثر بالعنصرية، ونابعة من مذهب بيولوجي قائم على التعميم.

تعقيد حقيقي

وفيما يتعلق بالذكاء، يُحلِّل إيفانز عمل روبرت بلومين، الباحث في شؤون التوائم، وصاحب الادعاء القائل إنّ نسبة الذكاء يمكن توريثها بدرجة كبيرة (انظر: N. Comfort *Nature* **561**, 461–463; 2018). وقد ذهب البعض إلى تفسير هذا بأنه يدل ضمنيًّا على وجود فروق وراثية بين المجموعات السكانية، لكنّ نسبة الذكاء تتسم بالمرونة، حيث يوضح إيفانز هذا قائلًا: "إن إحدى أفضل الطرق لتحسين نسبة الذكاء، إذا كنت منحدرًا من أسرة فقيرة، هي أن تتبناك أسرة وأنت رضيع"؛ فتَبَنّي الأطفال من جانب أُسَر ثرية تصاحبه زيادات كبيرة في نسبة الذكاء، تصل إلى ما بين 12، و18 نقطة. وقد أظهرت الأبحاث أن اختبارات نسبة الذكاء لا تزال تخفق في رصد التعقيد الحقيقي، والتفاوت الفعلي في ذكاء البشر.

ولكَوْن إيفانز من المواطنين البيض في جنوب أفريقيا، فهو لم يختبر الجانب العصيب من الفصل العنصري. لكنّ نقطة قوّته تتمثل في أنه ألِف طوال حياته الدولَ الواقعة في جنوب القارة الأفريقية. فمن بين المشكلات التي تعرقل عملية الكتابة عن عِلم الاختلافات البشرية أن بعض المؤلفين، لا سيما في أوروبا والولايات المتحدة، بخلاف معرفة كل منهم ببلده، لا يمتلكون سوى قدر ضئيل من المعلومات عن تاريخ الدول الأخرى، وثقافاتها، وبيئاتها. ولا يمكن مناقشة قضايا الأعراق دون الأخذ في الحسبان التأثيرات الخفية والدقيقة للغة، والسياسة، والعادات، والدين، والنظام الغذائي، وجميعها عوامل تُشكِّل جُلَّ ما يعتبره الكثيرون بأنه اختلاف "عرقي". وقد قرأت الكثير جدًّا من كتب العلوم المبسطة، التي تتعامل مع هذه العوامل باعتبارها ثانوية، وكأنك لا تحتاج سوى أن تكون ملمًّا بعلم الوراثة؛ لدحض الأصول العلمية للتمييز العنصري. لكنْ بفضل معرفة إيفانز الواعية بأماكن وشخصيات شتى، فهو يتجنب الوقوع في هذا الشَرَك.

تتطلب السياسة في عصرنا الحالي أن نتصدى إلى التمييز العنصري "العلمي"، ليس فقط بدعم قضيتنا، والتحلي بالصرامة والقوة، بل أيضًا بالقيام بذلك دون خوف. ولعلنا نلحظ أن إيفانز مصمم على تحقيق هدفه، ودعم قضيته؛ فهو يُوجِّه - على سبيل المثال - انتقادًا لاذعًا لعالِم النفس ستيفن بينكر، لدعمه نظريات علماء الأنثروبولوجيا؛ جريجوري كوكرين، وجايسون هاردي، والراحل هنري هاربندينج، الذين يزعمون أن عوامل الضغط التطورية أدّت إلى فروق نفسية بين المجموعات السكانية المختلفة.



مرشحون للهجرة يخضعون لاختبارات الذكاء في محطة تفتيش جزيرة إيليس في عشرينيات القرن الماضي.

فعلى سبيل المثال.. في عام 2009، وخلال مؤتمر "حفظ الحضارة الغربية"، الذي عُقد في مدينة بالتيمور بولاية ميريلاند، صرح هاربندينج تصريحًا غريبًا، قال فيه: "لم أر في أفريقيا قط شخصًا لديه هواية". ويواصل إيفانز توجيه سهام نقده اللاذع لعلماء النفس الأمريكيين بوجه عام، بسبب "إضفائهم بريقًا علميًّا زائفًا على افتراضات غير علمية"، خاصةً الادعاء القائل إنّ اختبار نسبة الذكاء هو مقياس دقيق، أو يمكن التعويل عليه للذكاء.

"تتطلب السياسة في عصرنا الحالي أن نتصدى للتمييز العنصري "العلمي"، ليس فقط بدعم قضيتنا، والتحلي بالصرامة والقوة، بل أيضًا بالقيام بذلك، دون خوف."

وهناك أيضًا مَنْ يكشفون - عن غير قصد - عن تحيز دفين بداخلهم، لا يعونه. وللإجابة عن السؤال الأهم، المتعلق بأسباب دعم الأشخاص للعنصرية، فثمة كتاب مفيد يمكن قراءته بجانب هذا الكتاب، وهو بعنوان: «متحيز» *Biased* (2019)، بقلم عالمة النفس جنيفر إيبرهارت. وتشرح فيه كيف يترسخ التنميط لدى كل منا منذ نعومة أظافرنا، بحيث إنه عندما نصير بالغين، يتطلب التخلي عن هذه الآراء السائدة جهدًا واعيًا، وممتدًّا.

وهناك هؤلاء الذين يُظْهِرون عنصرية متعمَّدة، مدفوعة بضغينة، وأسباب سياسية. ويكمن الخطر في أن التعرف على هؤلاء ليس سهلًا دائمًا. ففي محاولتهم لكسب موطئ قدم في الأوساط الأكاديمية، غالبًا ما يتبنى أنصار العنصرية "العلمية" لهجة النِّقاش العلمي، فربما يدعون إلى مزيد من الحرية الأكاديمية، و"تنوع الآراء"، معلنين شكواهم من أن غالبية العلماء والقائمين على وسائل الإعلام يحاولون إسكات أصواتهم. وينتقد إيفانز علنًا هذا السلوك المخادع، ويعرب عن ازدرائه الشديد لهؤلاء الذين يحاولون إخفاء تحيزهم العنصري بما يُطلَق عليه "عقدة الضحية"؛ أي إحساسهم بأنهم الشجعان الناطقون بالحق، الذين يتبعون خيوط "الأدلة العلمية".

ويتسم عمل إيفانز بالجرأة، لكنني أجد مشكلة في عمله هذا، وهي أنه لا يأخذ في الاعتبار - على ما يبدو - حقيقة أن العنصريين لا يصيرون كذلك، بسبب أن فحصهم المكثف للعلم قد أقنعهم بأن مجموعات سكانية بعينها أقل تفوقًا من مجموعات سكانية أخرى، بل في واقع الأمر.. كانوا على اقتناع بذلك منذ البداية. والدخول في جدل مع العنصريين بشأن حقائق ثابتة ما هو إلا مضيعة للوقت.. فمجادلة هؤلاء بشروطهم وقواعدهم، الخاصة - مثلما يفعل إيفانز - يخدم دعواهم.

ينبغي أن يُنظر إلى "العِلْم" العنصري على حقيقته؛ فهو طريقة لتبرير التحيز طويل الأمد؛ من أجل دعم رؤية معينة للمجتمع، يرغبها العنصريون. فالمسألة تتعلق بالسيطرة. ولهذا.. افتقرت الأعمال التي تدعي إثبات فروق عنصرية متأصلة – على مر التاريخ - إلى الجودة، لأن العنصريين لا يبالون بما إذا كانت بياناتهم ضعيفة، أو نظرياتهم بالية، أم لا، فهم ليسوا بحاجة سوى إلى الحد الأدنى من الاحترام العلمي؛ لإقناع مَن يجهلون الحقيقة بآرائهم. ورغم ذلك.. لا نزال بحاجة إلى حجج علمية قادرة على دحض نظريات التصنيف البيولوجي للأعراق، تكون من النوع الذي ورد ذكره في كتاب «ما وراء البشرة». وكل ما نأمله أن يقرأ مثل هذه الكتب أشخاص لا يدركون زيف الآراء العنصرية، ليصيروا أقل عرضة للتلاعب من جانب العنصريين المتزمتين، الذين لديهم أجندات سياسية.

إنّ العالَم الخاضع لقبضة سياسات اليمين المتطرف، والقومية العرقية يتطلب نوعًا من الحيطة والحذر. فعلينا أن نصون العلم من الاستغلال، وأن نعزز الوحدة الجوهرية للأجناس البشرية. وإنني لأشعر بالامتنان لكون إيفانز شخصًا يقظ الضمير، وشجاعًا، وعلى استعداد للعب هذا الدور. ■

أنجيلا سايني صحفية علمية، ومذيعة أخبار، حازت جوائز عديدة، وهي مؤلفة كتابَيْ: «العِرْق الأسمى» *Superior*، و«العِرْق الأدنى» *Inferior*.
البريد الإلكتروني: angela.d.saini@gmail.com



يعيش نحل العسل البري في أشجار مجوّفة من الداخل.

علم النحل

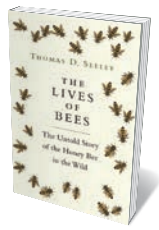
تربية النحل على الطريقة الداروينية: دروس من الحياة البرية

أطروحة عن أزمة نحل العسل الغربي تظهر في الوقت المناسب، وتحوز اهتمام **جين إي. روبنسون.**

على مدار الخمسة عشرَ عامًا الماضية، أصبحت حالات النفوق في مستعمرات نحل العسل مدعاة للقلق. ومن المعروف أن نحلة العسل الأوروبية *Apis mellifera* تضطلع بقرابة نصف إجمالي عمليات تلقيح المحاصيل في أنحاء العالم، بينما الخسائر السنوية، التي وصلت إلى 40% في أمريكا الشمالية، لا يمكن تحمُّلها. ولسوء الحظ، أن هذا العامل المحوري في الأمن الغذائي لم يبرز أبدًا بمثل هذا الوضوح من قبل، في الوقت الذي يتعرض فيه لمأزق خطير.

ولطالما ظهرت مؤلفات عن أزمة نحل العسل: أسبابها، وتبعاتها. ونحن الآن على دراية بأن هناك أربعة أشياء أساسية هي التي يُشار إليها بإصبع الاتهام: مُبيدات الآفات، والطفيليات، والعوامل المُمْرضة، وسوء التغذية، وهي عوامل تتفاعل فيما بينها، غير أن كتاب توماس سيلي «حياة النحل» *The Lives of Bees* هو إضافة جديدة؛ إذ يطرح منظورًا جديدًا لجذور الأزمة، ومُقترحًا جريئًا بشأن كيفية التعامل معها. وعلى نحو غير معتاد، ينصَبّ تركيز الكتاب على نحل العسل الذي يعيش في البرية.

يُعتبر سيلي خبيرًا عالميًّا في سلوك نحل العسل. وقد أبرزت كتبه السابقة - مثل كتاب «حكمة الخلية» *Wisdom of the Hive* الصادر في عام 1995، و«ديموقراطية عسل النحل» *Honeybee Democracy* الصادر في عام 2010 - مكانة هذه الحشرات الاجتماعية، بوصفها مثالًا يُحتذى به لعلم البيئة السلوكي. أمّا هذا الكتاب، فلا يستخدم نحل العسل كمثال لأي شيء، وإنما يدور كله عنه. وفي لحظة في غاية الأهمية لهذا النوع، يسعى سيلي إلى تقديم حل يضع احتياجات النحل في المقدمة.



حياة النحل: ما لا نعرفه عن نحل العسل في العالم.
توماس دي. سيلي
مطبعة جامعة برينستون (2019)

يذكّرنا سيلي بالعلاقة الفريدة من نوعها بين البشر، ونحل العسل.. فعلى عكس الماشية المُدجنّة، كل نحل العسل هو في الأساس حيوانات برية يمكنها أن تعيش جيدًا بالاعتماد على ذاتها. ولم يَسْع أحد إلى الكشف عن حقيقة الحياة الخفيّة التي يعيشها النحل، نظرًا إلى كون البشر - على ما يبدو - قد أَلِفوا تشكيلات خلايا النحل التي اخترعها البشر خلال ما يزيد على 10 آلاف عام من تربية النحل. وهناك قلة قليلة فقط من علماء الأحياء، بخلاف سيلي، امتلكت الرؤية والمثابرة لوضع تصوّر، وإجراء دراسة بعيدة المدى، من النوع الذي يقوم على أساسه هذا الكتاب.

يهدف هذا المشروع المنهجي - الذي استمر طيلة 40 عامًا - إلى إلقاء الضوء على الحياة الطبيعية لنحل العسل. أجرى سيلي أغلب الدراسات بمشاركة مجموعة من الطلاب الموهوبين بجامعة كورنيل بإيثاكا في نيويورك، الذين ينسب إليهم الفضل بالكامل في مناسبات كثيرة. تَضَمَّن بعض جوانب المشروع مراقبة المستعمرات البرية التي تعيش في «أشجار النحل»، ذات الفجوات الكبيرة بما يكفي لكي يصنع سرب من النحل فيها عشًّا له. تمثلت جوانب أخرى في تجارب تحاكي الظروف في أشجار النحل، باستخدام خلايا نحل مُصنَّعة. وينسج سيلي الأبحاث، التي يمكن وصف تصميمها بالسهل الممتنع، بمهارة؛ ليقدم لنا لمحة حية عن الطريقة التي يعيش بها نحل العسل حين يُترك لحاله: كيف تتكّون مستعمراته، وكيف يبني النحل أعشاشه، وينظمها، ويدافع عنها، ويدفئها ويبردها، وكذلك كيف يجمع الطعام ويخزنه، بل ويمكن القول إنها أكثر الصور التي نملكها حتى الآن اكتمالًا عن التاريخ الطبيعي لنحل العسل.

يقارن سيلي هذه الصورة بالحياة في خلايا النحل المُصنَّعة. على سبيل المثال.. يحافظ النحل على دفئه عن طريق إحداث ارتجاف بعضلات الطيران الصدرية القوية. وما هذا سوى سلوك واحد ضمن سلوكيات عديدة مبهرة، تعتمد على تنسيق الأنشطة بين عشرات الآلاف من النحل؛ بغرض تحقيق نتيجة تَهِمّ المستعمرة بأكملها، بيد أن هذه الآلية تكون أكثر فعالية بكثير في أشجار النحل، التي عادة ما تكون جدرانها أكثر سُمكًا من خلايا النحل المعتادة ذات الجدران الرقيقة.

أدرك سيلي وزملاؤه هذا، عبر وضع مستشعرات لدرجات الحرارة في خلايا مصمَّمة بحيث تُحاكِي فجوات الأعشاش في الأشجار، مطابقة لها في كل شيء، ما خلا سُمْك الجدران، ومتراصة إلى جانب بعضها البعض. ولوحظ أن تقلبات درجة الحرارة أكبر بكثير في الخلايا، وأنه يتعيّن على النحل العمل بجهد أكبر، من أجل الحفاظ على درجات حرارة الحضّانات؛ مما قد يشكل ضغطًا إضافيًّا على الحياة داخل المستعمرة.

عمل دؤوب

لتنفيذ هذا المشروع المعقد، تَعيَّن على سيلي التعامل مع تدمير الدببة السوداء لمستعمراته، والتقلبات المناخية، التي حَتَّمت جمع المزيد من البيانات، وكذلك التعامل مع الغزو الكارثي للعثة الطفيلية، المعروفة باسم الفاروا المدمرة *Varroa destructor*. دمّرت هذ العثة – التي تتغذى على أنسجة نحل العسل الدهنية، وتنقل المُمْرضات على غرار فيروس تشوّه الأجنحة – تجمعات نحل العسل في أجزاء كثيرة من العالم. وهذه الخسارة المطردة في مستعمرات النحل بدَّلَت مسار تركيز كتاب سيلي، ومن هنا جاء اكتشافه أن الظروف في البرّية تمكِّن النحل من مقاومة الفاروا المدمرة.

يقـترح سـيلي أن يَسـتخدِم مربـوّ النحـل معلومات عن تجمعـات النحـل الـبرّي، لتغيير الطريقـة التي يمارسـون بهـا مهنتهـم. وهـو يطـرح فكـرة «تربيـة نحـل داروينية»، مصمَّمـة وفـق نمـوذج الطـب الداروينـي، الـذي يَفـترِض

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أن عدم التوافق بين بيئة الكائن الحالية، وبين البيئة التي تكيف الكائن في الأصل معها، هو أمر ينتقص من الكفاءة البدنية للكائن. وفي نظر سيلي، يرتبط هذا أساسًا بالاختلافات بين الحياة في أشجار النحل، والحياة داخل خلايا النحل، خاصة في المناطق الشمالية الشرقية من الولايات المتحدة. يقضي سيلي وقتًا أقل في دراسة التغيرات البيئية على نطاقات مكانية أكبر، على غرار أنماط استخدام الأراضي والتغير المناخي. وتتمر مقترحاته العملية عن نهج «أكثر جودة وسهولة»، يستفيد من ميل النحل الطبيعي إلى التكيف مع بيئته المحلية، ويقلل الخلل في البِنْية الطبيعية للأعشاش إلى الحد الأقصى.

"يثمر تنسيق الأنشطة بين عشرات الآلاف من النحل نتيجة تَهِمّ المستعمرة بأكملها."

إن الكيفية التي أدّت بها تربية النحل الحديثة إلى إحداث تغييرات جذرية في حياة النحل حفزت ظهور تربية النحل الداروينية، غير أن الخلايا «الحديثة» ذات الأطر القابلة للتحريك، وأجهزة الدخان (التي تُستخدم لتهدئة النحل)، كانت قد اختُرعت في منتصف القرن التاسع عشر، إلى جانب فرّاز العسل. ومنذ ذلك الحين، لم أر الكثير من الابتكارات التقنية. وقلّما يستخدم مربو النحل عمليات صارت أركانًا أساسية في قطاعات أخرى من الزراعة، مثل الاستيلاد الجينومي الكثيف، أو التحكم في وظائف الأعضاء والسلوك باستخدام الهرمونات والفيرمونات. وحتى النَّحَالة المرتحلة (أي نقل خلايا النحل إلى البساتين والحقول حين تتفتح الأزهار)، التي تهيمن على الصناعة اليوم، اختُرِعَت في مصر منذ حوالي 5 آلاف عام.

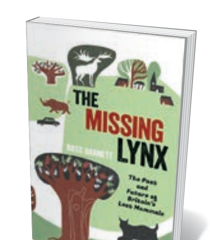
هل يمكن عمليًّا تطبيق استراتيجية سيلي؛ من أجل الوصول إلى تربية نحل أفضل؟ ثمة سمتان تَظْهَران على النحل في البرية، وهما أحجام المستعمرات الصغيرة، والتكاثر المتكرر من خلال التطريد، ترتبطان بقدرة أكبر على الصمود في وجه الطفيليات والمُمْرِضات، إلا أن هاتين السمتين - في الوقت نفسه - تنتقصان من فاعلية المستعمرات كعوامل تلقيح، ومصانع للعسل. ومن المنظور البشري.. فالمستعمرات الأصغر تعني مستعمرات أقل إنتاجية.

وبالرغم من شغف سيلي بالدعوة إلى تربية النحل على الطريقة الداروينية، فإنه يطرح أمامنا كلا جانبي القصة.. فهو يطلب منا - بصورة ضمنية - أن نتأمل الهيمنة البشرية الحالية. كيف نعتني بالنحل بشكل يكفل لنا الاستفادة منه؟ وعن طريق عرض التاريخ الطبيعي لنحل العسل بهذه الطريقة، استطاع سيلي تأليف كتاب مفعم بالتفاصيل الفنية عن النحل، وفي الوقت نفسه يتسم بالبلاغة، وهو كتاب سيروق أيضًا لأولئك المهتمين بالزراعة المستدامة.

تقع تربية النحل عند مفترق طرق؛ ففي حقبة التحرير الجيني باستخدام تقنية «كريسبر» CRISPR، حَرِيٌّ بنا الحفاظ على النحل باستخدام تكنولوجيا جديدة، أم عبر استخدام أفكار جديدة مستوحاة من تاريخ النحل التطوري الممتد على مدار 30 مليون عام؟ آمل أن يكون بمقدورنا استكشاف طريق ثالث، والقيام بكلا الأمرين. ومثلما ورد في سِفر الأمثال 6:6 عن النملة، فإن علينا أن نتأمل النحلة، كما يقول: «تأمل طُرُقها، وكن حكيمًا». وقد فعل سيلي هذا أفضل من أي شخص آخر. ■

جين روبنسون عالِم أحياء متخصص في نحل العسل، بقسم علم الحشرات، ومدير معهد كارل آر. ووز للبيولوجيا الجينومية بجامعة إلينوي في أوربانا-شامبين.
البريد الإلكتروني: generobi@illinois.edu

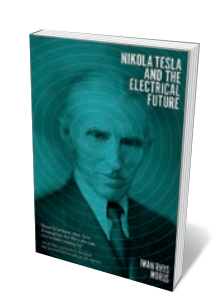
ملخصات كتب



الوشق المفقود

روس بارنيت، دار نشر «بلومزبيري»، (2019)

الحياة على الأرض ملحمةُ انقراض، حسب عالِم الحفريات روس بارنيت في الكتاب الذي يعرِض تاريخًا طبيعيًّا حديثًا، يستند إلى معلوماتٍ عن الحيوانات الضخمة الغابرة. يَستخدِم بارنيت بريطانيا كنموذج مُصغَّر للسجل الكوكبي، طارحًا وجهة نظر تقول إن "إفراط" البشر في القتل – بجانب تغيّر المناخ – كان محركًا أساسيًّا للانقراض، قبل وقت طويل من الزيادة الهائلة في أعداد البشر أثناء عصر الهولوسين. يَعرِض الكتاب أنواعًا عاشت في بريطانيا، واختفت منذ أمد بعيد، مثل ضبع الكهوف *Crocuta crocuta spelaen*، والقط المخيف سيفيّ الأسنان *Homotherium latidens*. تتردد في الكتاب قصص اكتشافات مثيرة، وتقلبات بيئية مفاجئة؛ نتيجة لإعادة توطين الأنواع بفعل التدخل البشري.



نيكولا تِيسْلا.. ومستقبل الكهرباء

إيون ريس موروس، دار نشر «لأيكون»، (2019)

يرى الكثيرون المخترع ومهندس الكهرباء الصربي، نيكولا تيسلا، شخصًا ذا قدرة خارقة على استشراف المستقبل، إلا أن هذا العالِم – الذي كانت حالته تتقلّب بين الانزواء، والتألق – كان انعكاسًا لفترة نهاية القرن التاسع عشر. يمعن المؤرخُ إيون ريس موروس النظر في قصة حياة هذا العالِم من ذلك المنظور؛ إذ كان ذلك هو زمن انتعاش الريادة الخلاقة، والابتكارات البارزة، والرؤى الطموحة لمدينة تكنولوجية فاضلة، بالإضافة إلى الخيال العلمي المستقبليّ. تُعِيد هذه الدراسة الموجزة بوضوح، والمنسوجة ببراعة، تيسلا، وإنجازاته، وإخفاقاته (مثل الاتصال بين الكواكب) إلى الحياة مرة أخرى، كما تحيي نغمة التفاؤل التي سادت حقبة ما قبل الحروب العالمية.



في حديقتنا غابة

ديف جولسون، دار نشر «جوناثان كيب»، (2019)

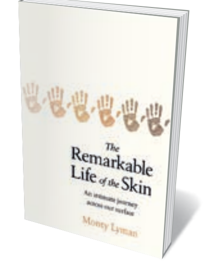
تعج العديد من حدائق البيوت بأعداد غفيرة من قمل الخشب، وديدان الأرض، وأبو المقص. يُشجِّع الكتاب الرائع لديف جولسون هذه الحياة البرية الثرية، عبر تطبيق «علوم ذات مصداقية» على ترسيخ الحياة البرية في الحدائق. ويفضح جولسون الاستخدام الهائل للمبيدات الحشرية الصناعية في البيئات السكنية، موضحًا الطريقة التي تؤدي بها النباتات القويّة والمفترِسات الطبيعية (مثل حشرة أسد المنّ) هذه الوظيفة بشكل مستدام. و يشيد الكاتب بفوائد الْتِهام الحشرات لجثث الحيوانات النافقة على الطرق، ويبين كيفية بناء موائل للذباب الحوّام، ويدعم زراعة أصناف من المحاصيل التقليدية الموروثة. ويوضح جولسون أن المحمية الطبيعية المنزلية تُمثِّل الخطوة الأولى نحو إنقاذ الكوكب.




جمع التجارب

برونو ستراسر، «مطبعة جامعة شيكاجو»، (2019)

كثيرًا ما ننظر إلى البيانات الضخمة باعتبارها انقطاعًا هائلًا عن الماضي، لكنّ مؤرخ العلوم برونو ستراسر ينظر إليها كحلقة في سلسلةٍ تاريخية مُتصلة.. فلطالما كان حِسّ «التدفق المعلوماتي» قائمًا منذ عصر النهضة، أمّا طوفان البيانات الحالي، فقد انبثق عن نمطين في علم الأحياء؛ أولهما: جمْع التاريخ الطبيعي، وثانيهما: ظهور المختبر. وبالجمع بينهما، تراكمت معرفة هائلة. إنّ دراسات الحالة التي يعرضها ستراسر في كتابه تجذب الانتباه، بداية من الـ«متاحف» الجينية لأصناف الذُّرة الصفراء، التي أَسَّسها علماء الوراثة، حتى أحد مناجم البيانات الرقمية الرائدة «أطلس بِنْية البروتين وتَسَلْسُله»، الصادر في عام 1965، وشاركت في وضعه إحدى رائدات مجال المعلومات الحيوية، مارجريت دايهوف.



حياة الجلد المذهلة

مونتي ليمان، دار نشر «بانتام»، (2019)

في هذه الدراسة الجذابة المكتظة بالحقائق، يكشف الطبيب مونتي ليمان الأسس العلمية وراء عِلم طبقات الجلد البشري. والجلْد من منظور ليمان هو «أداة الجسد متعددة الوظائف»، ولذا.. يدرسه ليمان باعتباره حاجزًا يقي من الصدمات، وحاملًا للميكروبات، وكذلك بوصفه شبكةً تمتد فيها النهايات العصبية، وشاشةً تكشِف مشاعر الإنسان. ويكشِف ليمان أن الجلد كقوام هو «نسيج مثالي»، ويستطلع التواصل بين الجلد والأمعاء، ويبحث في الوشم الطبي، والأفكار الخاصة بالتطهير الطقسي. ويوضح أن الجلد له سطح وعمق، ومن ثم فهو جزء من أنفسنا، مرئيٌّ تمامًا بقدر ما هو شخصي تمامًا، ويمكن أن يصبح هدفًا أيضًا لهجمات مُروِّعة ضد الاختلاف. **باربرا كايسر**

تاريخ

الخيانة والقنبلة

يستحوذ كتاب فرانك كلوز عن كلاوس فوكس - العالِم الذي أرسل أبحاث أسلحة نووية إلى السوفيت - على اهتمام آن فينكباينر؛ فتقدِّم عرضًا له في هذا المقال.

يبدأ فرانك كلوز كتابه «ترينيتي» *Trinity*، الذي يحكي قصة الفيزيائي كلاوس فوكس – أحد جواسيس الحرب العالمية الثانية - بدايةً غير مباشرة، إذ لا يبدأ الكتاب بمهمة فوكس على مدار ثماني سنوات، التي تمثلت في إرسال تفاصيل بالغة السرية عن القنابل النووية الأمريكية والبريطانية إلى الاتحاد السوفيتي، بل يبدأ بالحديث عن رودولف بيرلز، مُعلِّم فوكس، الذي اعترف له الأخير بخيانته في نهاية المطاف.

إنّ كلوز، أستاذ الفيزياء الفخري في جامعة أوكسفورد بالمملكة المتحدة، ليس أول مَن قدَّم كتابًا عن سيرة فوكس، لكنّ كتابه بالتأكيد هو الأكثر استيفاءً لهذا الموضوع. ويوضح كلوز أن فوكس كان لاجئًا ألمانيًّا معاديًا للنازية، وطالبًا في جامعة بريستول بالمملكة المتحدة، عندما التقى ببيرلز، عالِم الفيزياء النووية الألمعي، الذي كان قد غادر ألمانيا في عام 1932، وأضحى في النهاية مواطنًا بريطانيًّا. وقد وجّه بيرلز إلى فوكس دعوة انضمامٍ إلى مجموعة من العلماء في وزارة تصنيع الطائرات بالمملكة المتحدة، يطلق عليهم «لجنة مود» MAUD committee، أُوكلت إليهم مهمة تحديد إمكانية بناء قنبلة ذرّيّة في بريطانيا.

أقام فوكس مع عائلة بيرلز، واندمج في حياتهم الأسرية بسعادة، كما حظي بحب أطفال وكلاب العائلة. وحتى يوجينيا بيرلز، زوجة رودولف، التي وُهبت فراسة في معرفة خبايا الأنفس، رأت في فوكس رجلًا جديرًا بالاحترام، لكنْ عقب شهور من احتضان العائلة له، بدأ فوكس رحلة خيانته الطويلة. وكانت أولى الخطوات التي سلكها في هذا الاتجاه هي تسريب معلومات تخص مشروع لجنة «مود» إلى المخابرات الحربية السوفيتية. (فعلى الرغم من تحالف الاتحاد السوفيتي مع بريطانيا في ذلك الوقت، كان الاتحاد السوفيتي منسحبًا لتوّه من معاهدة عدم اعتداء، تستمر لعامين مع ألمانيا النازية، ولم يكن موضع ثقة بريطانيا، وبالقَطْع لم تكن درجة الثقة تسمح بمشاركته في مشروع بريطانيا لبناء قنبلة ذرية).

ساعد بيرلز في إيضاح فكرة النواة الذرية لفوكس، إذ لم تكن معرفة فوكس بالفيزياء على الدرجة نفسها من التميّز، وإنْ كان قد تمتع بقدرة فائقة على حل المعادلات. عمل فوكس في مشروع لجنة «مود» تحت إمرة بيرلز، مستكشفًا طرق تنقية اليورانيوم؛ لاستخدامه في القنبلة. وفي عام 1944، رافق بيرلز إلى قلب مشروع مانهاتن في لوس ألاموس بولاية نيو ميكسيكو. وقبل ستة أسابيع من إجراء اختبار «ترينيتي» Trinity، الذي شَكَّل أول الانفجارات النووية، سرّب فوكس تفاصيل تتعلق بهذا الاختبار إلى السوفيت. وهكذا، عرف القائد السوفيتي جوزيف ستالين بأمر اختبار «ترينيتي»، قبل أن يعرف به الرئيس الأمريكي هاري ترومان نفسه، الذي كان قد أدى اليمين حديثًا آنذاك.

وفي عام 1945، في أثناء وجود فوكس في لوس ألاموس، عمل على الجيل الثاني من الأسلحة النووية؛ القنبلة الهيدروجينية. ومرة أخرى، نقل المعلومات عنها إلى الاتحاد السوفيتي، الذي استخدمها لإطلاق مشروع القنبلة الهيدروجينية الخاصة به، واختبارها بنجاح بعد ذلك بعدة سنوات. نُقل فوكس من لوس ألاموس إلى مختبر الطاقة الذرية البريطاني - الواقع في هارويل - في عام 1946. وبحلول ذلك الوقت، أصبحت له مكانة فريدة في بريطانيا، بوصفه «موسوعة معرفية تمشي على قدمين» في مجالَي الفيزياء، وتصميم الأسلحة الذرية والنووية الحرارية، على حدٍّ سواء.



كلاوس فوكس (أقصى اليسار) في عام 1984 بصحبة زملائه في مختبر الطاقة الذرية البريطاني في هارويل.

اكتشافات ما بعد الحرب

بعد استسلام ألمانيا، عاد بيرلز إلى بريطانيا، وإلى الأبحاث النووية الأكاديمية. وعلى الرغم من أنه ظل يقدم المشورة بشأن الأسلحة النووية، فقد سعى - مثل كثير من علماء مشروع مانهاتن - إلى وقْف انتشارها. أما فوكس، فقد بقي في هارويل. وبحلول عام 1949، كان قد تمكّن من تسريب قدْر من المعلومات إلى السوفيت، مكّنهم من تقدير مدى تقدُّم بريطانيا في مجال التسلّح النووي، إلى جانب حجم المخزون النووي الأمريكي.

انكشف أمر فوكس أخيرًا في صيف ذلك العام، عقب توقفه عن أعمال التجسس مباشرة، إذ تمكن «مكتب التحقيقات الفيدرالي» FBI من فك شفرة أجزاء من رسائل سوفيتية. وبعد مشاركة هذه الرسائل مع «المكتب الخامس البريطاني» (المخابرات الحربية)، أشارت بوضوح إلى وجود جاسوس، اسمه الحركي تشارلز، يحتل مركزًا رفيعًا في مشروع مانهاتن، ويعمل في بريطانيا. وعندئذ، بدأ المكتب الخامس البريطاني في التنصت بانتظام على فوكس، وهو ما أفضى إلى استجوابه، ثم إلى اعترافه في 27 يناير عام 1950، وإلقاء القبض عليه في أوائل شهر فبراير من العام نفسه.



«ترينيتي: الخيانة، ومطاردة أخطر جاسوس في التاريخ»
فرانك كلوز
صادر عن دار نشر آلان لين (2019)

عقب بضعة أيام، اعترف فوكس بفعلته لبيرلز في أثناء وجوده في السجن. وظن بيرلز للوهلة الأولى أن فوكس قد أصيب حتمًا بانهيار عصبي. وفي مكالمة هاتفية مُسجَّلة، قال بيرلز لزوجته إنه يشعر بأنه جرى "استغفاله تمامًا". وقد أدرك لاحقًا أن فوكس - في حقيقة الأمر - تمتع بقدرة هائلة على ضبط النفس، مكّنته من خداع زملائه وأصدقائه طوال سنوات. فقد كاتبت يوجينيا بيرلز فوكس قائلة: "لقد حظيت بأفضل ما في العالَم الذي كنتَ تسعى لتدميره. وليس هذا من الشرف في شيء". أما ردّ فوكس، فكان مزيجًا من لوم النفس، والتبرير.

يبدو كتاب «ترينيتي» للقارئ كإحدى روايات الجاسوسية؛ ويسرد كلوز القصص الإنسانية به ببراعة، فيُورِد - على سبيل المثال - مساعدة كريستيل هاينمان - أخت فوكس - في تمرير الوثائق. ويتناول الكتاب أيضًا العملاء السوفيت المسؤولين عن فوكس، وعملاء المكتب الخامس البريطاني، ومكتب التحقيقات الفيدرالية الذين تتبّعوه. كما يَرِد ذكر جيه إدوارد هوفر، مدير مكتب التحقيقات الفيدرالي، الفاسد أخلاقيًّا، الذي اشتبه الرئيس ترومان في أنه يرغب في إنشاء مؤسسة على غرار «الجستابو» في الولايات المتحدة الأمريكية. ويُضمِّن كلوز – الذي أُتيح له الوصول إلى وثائق أمنية بريطانية – سياق الأحداث، الذي يُدْخِل فيه الاضطرابات التي شابت بطبيعة الحال عمليات جمع المعلومات الاستخباراتية، والمناخ السياسي الذي عملت الاستخبارات في ظله، كما أنه يطرح توصيفات واضحة للمعلومات الفيزيائية التي سرّبها فوكس. ويسرد كلوز - بشكل مُفصّل، وعلى وجه الخصوص - هروب الجاسوس من افتضاح أمره، بشكل لا يُصدَّق، في أثناء الفحوص الأمنية التي أجريت في كل من هارويل، ومشروع مانهاتن، وكذلك إخفاقات المخابرات وسوء تقديرها على مدار سنوات، وهو ما سهّل هذا الهروب. بعد ذلك.. تبادلت المخابرات البريطانية، ومكتب التحقيقات الفيدرالي اللوم حول هذا الخطأ، ثم اتفق الطرفان على أن يتستر كل منهما على الآخر.

ULLSTEIN BILD/GETTY

تفكير ساذج

عبر عرض سيرة فوكس المهنية ضمن إطار قصة أستاذه العطوف، يكشف لنا كتاب «ترينيتي» حكاية رجل برع في الخيانة، بدوافع ظن أنها نبيلة. لم يتلق فوكس أيّ أجرٍ نظير خدماته، فقد آمَن إيمانًا عظيمًا بالشيوعية، وكان يأمل من خلال مساعدته الاتحاد السوفيتي في أن يُعِيد ألمانيا إلى المُثُل الاشتراكية العليا. وعقب اعتقاله، سأله بيرلز عما إذا كان يؤمن بتفوق النظام السوفيتي، أم لا؛ فكان رد فوكس أنه كان ينوي فَضْح أخطاء هذا النظام، بعد أن "يستولي السوفيت على كل شيء". ولم يدرك بيرلز من قبل أن فوكس بهذه السذاجة، فقد بدا وكأنه "يتوقع أن يفلت بكل ما فعله".

وبصورة ما، أفلت فوكس بفعلته حقًّا، إذ خضع للمحاكمة، وحُكم عليه بالسجن لمدة 14 عامًا، قضى الفترة الأولى منها في سجن وورم وود سكرابس في لندن، وبعد ذلك انتقل إلى سجن وايك فيلد. ومن تبعات اعتقاله، إدانة بعض من رفقائه في التجسس على الولايات المتحدة؛ هم: ديفيد جرينجلاس، الذي حُكم عليه بالسجن، وجوليوس وإيثل روزنبيرج، اللذان أُعدما. ونجا فوكس من حكم الإعدام، لأن الاتحاد السوفيتي كان حليفًا، عندما بدء التجسس لصالحه. وقد أمضى تسع سنوات في السجن، وخرج منه إلى ألمانيا الشرقية، حيث عمل في المعهد المركزي للأبحاث النووية في دريسدن. وحظي هناك باستحسان الأوساط العلمية، وعاش لمدة ثلاثة عقود بعد ذلك.

يعطي كتاب «ترينيتي» انطباعًا بأن فوكس، الذي كان عالِم فيزياء نظرية بارعًا من ناحية، وجاسوسًا مخلصًا من ناحية أخرى، قد شعر بالاعتزاز بهاتين الناحيتين. ويُذكر أنه كان شخصًا مؤثِّرًا، بلا شك. ويستشهد كلوز بالمؤرخة البريطانية لورنا أرنولد، المتخصصة في تاريخ القنبلة النووية، التي ذكرت أن أصل القنبلة الهيدروجينية ظل محل شك في العديد من البلدان، لكنْ نظرًا إلى العمل الذي أسهم به فوكس في الولايات المتحدة، وبريطانيا، والمعلومات التي سرّبها، فإنها تظن أن "كلاوس فوكس كان صاحب الفضل الأول في ابتكار جميع هذه القنابل". إنّ فوكس الذي يظهر في كتاب كلوز هو شخص يمكننا أن نفهمه، لكننا لا يمكن أن نسامحه. ■

آن فينكباينر كاتبة حرة في مجال العلوم، تقيم في بالتيمور، ميريلاند، وصاحبة كتاب «آل جايسون» The Jasons. وتكتب في مدونة «www.lastwordonnothing.com».
البريد الإلكتروني: anniekf@gmail.com

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أبحاث

علوم المواد الحاسوبية

التنقيب في النصوص يرسم ملامح الاكتشافات العلمية مستقبلًا

يمكن استخدام الخوارزميات الحاسوبية لتحليل النصوص؛ بغرض العثور على العلاقات الدلالية بين الكلمات، دون تدخُّل بشري. وفي الآونة الأخيرة، تبنَّى باحثون هذه الطريقة، لتحديد الخصائص غير المذكورة للمواد المشار إليها في الأوراق العلمية.

أولكسندر إسايف

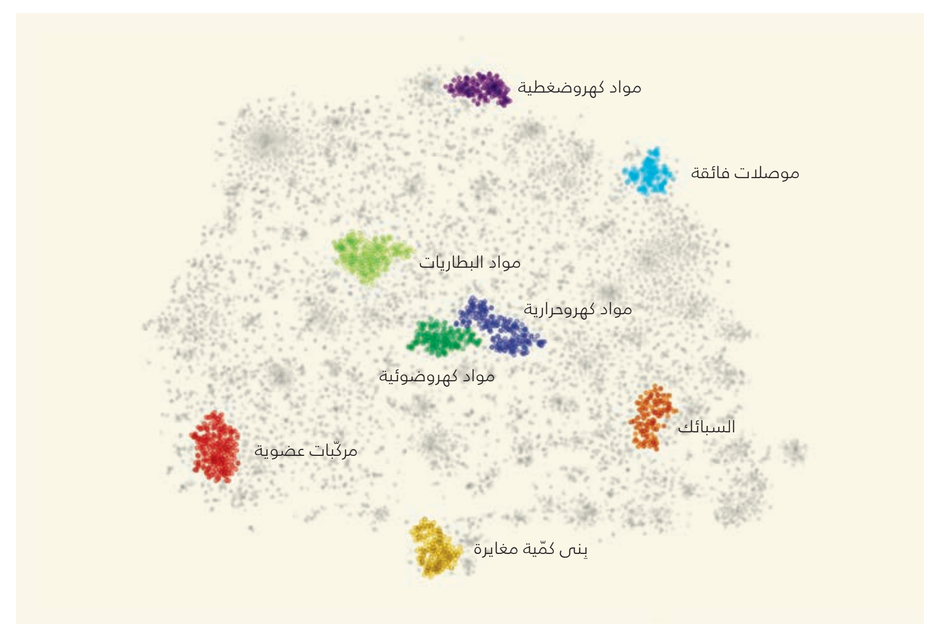
إنّ إجمالي عدد المواد التي يُحتمل تخليقها – فيما يشار إليه أحيانًا بـ«فضاء المواد» – كبيرٌ للغاية، إذ توجد تجميعات لا تُعَد ولا تُحصى من المكونات والبِنى التي يمكن تخليق المواد منها. وقد أدّى تراكم البيانات التجريبية، التي تعبِّر عن قطاعات من هذا الفضاء، إلى إنشاء ركيزةٍ لمجال ناشئ هو «علم معلومات المواد»، الذي يدمج التجارب عالية الإنتاجية مع الحسابات والمناهج المعتمِدة على البيانات، في حلقة مُحْكمة تُستخدم فيها نتائج ومخرجات موقف كمدخلات جديدة في موقف آخر. وتتيح هذه الحلقة تصميم المواد على نحو منطقي. وحسبما يفيد تشيتويان وزملاؤه[1] في ورقة بحثية، يمكن لأجهزة الكمبيوتر أن تستخلص معلومات عن علم المواد، تكون "مخفيّة" في نصوص الأوراق العلمية المنشورة، دون أي توجيه من البشر، وعلى نحو فعّال.

إنّ اكتشاف المواد - بخصائصها المحددة - تَمَثَّل دائمًا في عملية وليدة الصدفة، تستلزم إجراء التجارب بشكل مكثّف؛ وهي نتاج مزيج من البراعة والعِلْم، ويمارسها صُنّاع من ذوي المعرفة الواسعة. ومع ذلك.. يتسم هذا النهج القائم على التجربة والخطأ بأنه مُكلف وغير فعال، ومن ثمّ أصبح هناك اهتمام كبير باستخدام تقنيات تعلّم الآلة، لرفع كفاءة عملية اكتشاف المواد.

في الوقت الحالي، تهدف غالبية تطبيقات تعلّم الآلة إلى إيجاد دالة تجريبية، تُمثل في مخطط البيانات المُدخلة (على سبيل المثال.. المعاملات التي تحدد تركيب مادة ما)، وفق مُخرجات معروفة (مثل: خصائص المادة الفيزيائية أو الإلكترونية المُقاسة). ويمكن بعد ذلك استخدام هذه الدالة التجريبية، للتنبؤ بخصائص مثيرة للاهتمام في البيانات المُدخلة الجديدة. ويُوصَف هذا المنهج بأنه «خاضع للإشراف».. فعملية التعلم من البيانات التدريبية تشبه مُعَلِّمًا يشرف على طلابه، عبر اختيار الموضوعات والحقائق اللازمة؛ لتعلّم درسٍ معين، لكنْ ثمّة نهج مقابل، يقتصر فحسب على استخدام بيانات مُدخلة، ليست لها صلة واضحة بمخرجات مُحددة. وفي هذه الحالة.. يكون الهدف هو تحديد أنماط جوهرية في البيانات، التي يمكن استخدامها بعد ذلك في عملية تصنيف لتلك البيانات. ويُطلق على هذا النهج «التعلّم غير الخاضع للإشراف»، إذ لا توجد إجابات صحيحة مسبقة، ولا يوجد معلّم.

جَمَع تشيتويان وزملاؤه 3.3 مليون ملخصٍ من أوراق بحثية منشورة في مجالات علوم المواد، والفيزياء، والكيمياء، نُشِرت بين عاميّ 1922 إلى 2018. وخضعت ملخصات الأبحاث تلك للمعالجة وإدارة المحتوى، وذلك - على سبيل المثال - لإزالة نص لم يكن باللغة الإنجليزية، واستبعاد الملخصات التي تتضمّن أنواع بيانات وصفية غير مناسبة، مثل الأخطاء المطبعية، أو المُذكّرات. وأبقت هذه العملية في النهاية على 1.5 مليون مُلخّص لأوراق بحثية، كُتبت بمفردات.. يبلغ عددها حوالي 500 ألف كلمة.

بعد ذلك.. حلل المؤلفون النصوص المختارة باستخدام خوارزمية تعلّم آلة غير خاضعة للإشراف البشري، تُعرف باسم Word2vec[2]، طُوِّرت بغرض تمكين أجهزة الكمبيوتر من معالجة النصوص واللغة الطبيعية. وتأخذ خوارزمية Word2vec قِسمًا كبيرًا من النصوص، وتُمرِّره عبر شبكة



الشكل 1 | تكوُّن مجموعات بيانات عن المواد، عبر تحليل نصي للأوراق العلمية. استخدم تشيتويان وفريقه البحثي[1] خوارزمية تعلّم آلة، لتحليل النصوص في ملخصات 1.5 مليون ورقة بحثية؛ بهدف التعرّف على العلاقات بين الكلمات، بما في ذلك أسماء المواد. بعد ذلك.. جرى تمثيل كل مادّة كنقاط بيانية على رسوم بيانية، وصنفت الخوارزمية نقاط البيانات معًا في مجموعات، على أساس العلاقات الدلالية بين الكلمات المستخدَمة لوصف تلك المركبات. وتقابل مجموعات البيانات (الملونة) أنواعًا معينة من المواد؛ مثل الموصلات الفائقة، ومواد البطاريات، والمركبات العضوية. وقد بيّن المؤلفون أنه يمكن استخدام هذا النهج لاكتشاف خصائص بخلاف ما أُفيد به فيما يتعلق بالمواد المذكورة في المؤلّفات العلمية. (نسخة مقتبسة من الشكل S7a من الورقة البحثية)

عصبية اصطناعية (نوع من خوارزميات تعلّم الآلة)؛ لتمثيل كل كلمة من المفردات في مخطط، وفق مُتّجه رقمي، وتكون لكل واحدة منها عادة مئات الأبعاد. ويُطلق على المتجهات الناتجة «التضمينات» Embeddings، وتُستخدَم لوضع كل كلمة - ممثَّلة بنقطة بيانات - في فضاء مُتعدد الأبعاد يجسّد المفردات. وفي هذا الفضاء، تشكِّل الكلمات التي تتشاطر معاني مشتركة مجموعات بيانات. ومن ثم، تستطيع خوارزمية Word2vec إجراء تقديرات دقيقة حول معاني الكلمات، أو عن العلاقات الوظيفية فيما بينها، على أساس أنماط استخدام الكلمات في النص الأصلي. ومن الأهمية بمكان أن هذه المعاني والعلاقات لم تُرمّز بصورة مُفصَّلة من قبل البشر، لكنْ جرى تعلُّمها من النص الذي جرى تحليله بطريقة غير خاضعة للإشراف البشري.

وقد اكتشف الباحثون أن تضمينات الكلمات التي أمكن الحصول عليها فيما يتعلق بمصطلحات علم المواد قد أنتجت ارتباطات بين الكلمات تعكس قواعد من علم الكيمياء، على الرغم من أن الخوارزمية لم تَستخدِم أيّ واسمات مُعيّنة للتعرّف على المفاهيم الكيميائية، أو تأويلها. وحين جرى الجمع بين التضمينات باستخدام عمليات رياضيّة مختلفة، أمكن لها تحديد ارتباطات الكلمات التي تعبِّر عن مفاهيم معينة، مثل «العناصر الكيميائية»، و«الأكسيدات»، و«البِنى البلورية»، وما إلى ذلك. وتمكّنت التضمينات أيضًا من التعرّف على مجموعات من المواد المعروفة (في الشكل 1) تعبر عن التصنيفات التي يمكن استخدامها لوضع المواد الجديدة التي ستُصنع في المستقبل، في هيئة فئات.

وقد ذهب تشيتويان وزملاؤه إلى ما هو أبعد من مُجرّد تحديد العلاقات بين الكلمات؛ إذ وضّحوا كذلك كيف يمكن استخدام نهجهم لاكتشاف المواد مستقبلًا. وبدأوا في ذلك - عبر تدريب نموذج لتعلّم الآلة - على التنبؤ باحتمالية ظهور اسم إحدى المواد بالتزامن مع كلمة «الكهروحرارية» في النص (المواد الكهروحرارية هي التي يتسبب فيها الفَرْق في درجة الحرارة في توليد جهد كهربي، أو يتسبب الجهد الكهربي في توليد فرق في درجة الحرارة). وبحثت المجموعة بعد ذلك في النصوص للعثور على المواد التي لم يرد أنها تملك خصائص كهروحرارية، لكنّ أسماءها على علاقة دلالية قويّة بكلمة «كهروحرارية». وبالتالي، ربما تكون تلك المواد - في الواقع - تتسم بهذه الخاصية.

تَحَقَّق المؤلفون من صحة هذا النهج عبر تدريب نموذج، مستخدِمين في ذلك الأبحاث المنشورة قبل تاريخ عامٍ محدد، ثم تحققوا مما إذا كان النموذج قد تعرّف على المواد التي أُفيد بأنها كهروحرارية في السنوات التالية. وتَبيَّن أن أول 50 مادة جرى انتقاؤها باستخدام هذه الطريقة كان احتمال دراستها خلال السنوات الخمس التالية - باعتبارها مواد كهروحرارية - أكبر بثماني مرّات، مقارنة بالمواد التي جرى انتقاؤها بشكل عشوائي. وكشف منهج تشيتويان وزملائه عن تطبيق ناجح آخر لعملية «التنقيب في النصوص»، بدأ استخدامه حاليًّا في مجالات تمتدّ من علم المواد، وصولًا إلى التعرّف على البروتينات[3]، وبيولوجيا السرطان[4].

إنّ الجمع بين تعلّم الآلة غير الخاضع للإشراف البشري، والتنقيب في النصوص، بهدف الخروج باكتشافات علمية مثيرٌ للاهتمام، لا سيّما بالنظر إلى التنامي المتزايد في استخدام كل من الأساليب الخاضعة للإشراف، وغير الخاضعة له في معالجة اللغة الطبيعية خلال السنوات القليلة الماضية، فضلًا عن تنامي وفرة المؤلّفات العلمية الرقمية، التي تغطي أكثر من مئة عام من الأعمال المنشورة. ولا شك أنه لا تزال هناك تحديات كثيرة؛ من أهمها: أن الأساليب غير الخاضعة للإشراف البشري عادةً ما تكون أقل دقة من النماذج التي يجري الحصول عليها من تعلّم الآلة الخاضع للإشراف البشري. وإضافة إلى ذلك.. فعلى الرغم من أن تضمينات الكلمات تبدو وسيلة واعدة للتعرّف على المواد التي تتصف بخصائص معينة، فلا يمكن استخدامها للتعرّف على مواد غير موصوفة في المؤلّفات العلمية، ولا تشكل أسماؤها جزءًا من المفردات القائمة بالفعل. ومع ذلك.. يمكن استخدام هذه الأساليب للعثور على خصائص غير معروفة مسبقًا للمواد الموجودة بالفعل، التي يمكن بعد ذلك استخدامها لأغراض أخرى.

يتطور عِلْم معلومات المواد بالتوازي مع نمو قواعد بيانات المواد، وبالطريقة نفسها التي نشأ بها علم معلومات الكيمياء قبل 20 عامًا، وذلك بالتزامن مع إنشاء قواعد بيانات الكيمياء[5]. ويمضي التقدم بوتيرة سريعة، لأن الأساليب القائمة على التنقيب في البيانات والمؤلفات العلمية هي أدوات قائمة بالفعل بين أيدي علماء البيانات، الذين يعملون في حقل العلوم الكيميائية وعلوم المواد[6]. إنّ الدراسات المستقبلية التي تَستخدِم معالجة اللغة الطبيعية والتعلم غير الخاضع للإشراف البشري بطرق مشابهة لتلك التي استخدمها تشيتويان وفريقه البحثي، أو التي تَستخدِم كلًّا من التعلم الآلي الخاضع للإشراف وغير الخاضع له على حد سواء، هي كلها دراسات يُتوقَّع لها أن تُعزز تأثير علم البيانات على تصميم المواد واكتشافها.. فهل سيكون الاكتشاف الكبير التالي في مجال الموصّلات الفائقة - على سبيل المثال - وليد الحدس البشري التقليدي، أم عن طريق الآلة؟ على الأرجح، سيكون وليد مزج ذكي بين الذكاء البشري، وذكاء الآلة. ■

يعمل **أولكسندر إساييف** في كلية إيشلمان للصيدلة بجامعة نورث كارولينا في تشابل هيل بمدينة تشابل هيل، نورث كارولينا 27599، الولايات المتحدة الأمريكية
البريد الإلكتروني: olexandr@olexandrisayev.com

1. Tshitoyan, V. *at al. Nature* **571**, 95–98 (2019).
2. Mikolov, T., Sutskever, I., Chen, K., Corrado, G. S. & Dean, J. *Proc. 26th Int. Conf. Neural Information Processing Syst.* go.nature.com/2wvucor (2013).
3. Spangler, S. *et al. Proc. 20th ACM SIGKDD Int. Conf. Knowledge Discovery Data Mining* 1877–1886 (ACM, 2014); https://doi.org/10.1145/2623330.2623667
4. Choi, B.-K. *et al. Proc. Natl Acad. Sci. USA* **115**, 10666–10671 (2018).
5. Brown, F. K. *Annu. Rep. Med. Chem.* **33**, 375–384 (1998).
6. Butler, K. T., Davies, D. W., Cartwright, H., Isayev, O. & Walsh, A. *Nature* **559**, 547–555 (2018)

التطور

صدفة تقود إلى مشاهدة ميدانية لـ«مفارقة ليام» التطوُّرية

إذا كان شكل جسم الحيوان مخصصًا لأداء وظائف معينة تساعده على التغذِّي على كائناتٍ حيّة بعينها، فهل يضع ذلك حدودًا لما يمكن له افتراسه؟ مشاهَدات العلماء للأسماك التي تتغذى في البرّية يمكن أن تساعد في الإجابة على هذا السؤال.

سيباستيان كروبرت وآدم بي. سامرز

في دورية «أميريكان ناتشوراليست» *American Naturalist*، نَشر مؤخرًا الباحثان جولتشر-بينافيدس، وفاجنر[1] مشاهَداتٍ لسلوك مجموعةٍ من الأسماك، لاحظاها مصادفةً في أثناء عمليات استكشاف تحت الماء على امتداد الشاطئ الشرقي لبحيرة تنجانيقا في تنزانيا. وتكشِف ملاحظاتهما ارتباطًا محكمًا بين بياناتٍ مخبرية، عمرها 40 عامًا[2]، ونموذج للتطور يقوم على فكرة تُعرف باسم نظرية «الجمع الأمثل للغذاء»[3].

وقعت المصادفة عندما كان جولتشر-بينافيديس وزميله التنزاني جورج كازومبي في رحلة غوص، لدراسة أنواع الكائنات الموجودة في منطقةٍ متعامدة على حافة شاطئ البحيرة. شاهد الباحثان أمامهما سربًا كبيرًا من أسماك السردين اليافعة، تتلألأ أجسامها بين سطح الماء في البحيرة وقاعها الصخري، ويُقدّر أنَّ السرب كان يضم على الأقل 50 ألف سمكة. وسجّل مقطع فيديو لهذا الحدث ما وقع عندما صادفت أسماك السردين تلك أسماكًا تنتمي إلى مجموعة تُعرف بـ«البلطيات».

ويوجد في بحيرة تنجانيقا حوالي 250 نوعًا من أسماك البلطيات[4]. وتمثل هذه الأنواع أسماكًا، تتنوع وظائفها في جمع الغذاء، منها أسماك تطورت بطريقةٍ تسمح لها باستهداف نوع واحد من الفرائس[5-7]، وأخرى يمكنها التغذِّي على مصادر متنوعة من الطعام. وأشكال وسمات رؤوس بعض أنواع هذه البلطيات تشهد على تكيُّفها لتلائم مصدر الغذاء الخاص بها (الشكل 1).

وتُعدّ الأسماك من جنس *Perissodus microlepis* أحد الأمثلة على أنواع البلطيات التي طوَّرت وظائف محددة في جمع الغذاء. ولهذا النوع من الأسماك رأسٌ مقوس. وعندما تسبح هذه الأسماك بجانب سمكة أكبر منها، يمكنها شن هجومٍ مباغت، وانتزاع قضمةٍ من حراشفها[8]. وينقسم أفراد هذا النوع إلى أسماكٍ رؤوسها مقوسة إلى اليسار؛ لمهاجمة الجانب الأيمن من السمكة الفريسة، وأسماك رؤوسها مقوسة إلى اليمين؛ لتمكّنها من مهاجمة الجانب الأيسر من الفريسة. وهناك أنواع أخرى من البلطيات، لها وظائف محددة أخرى في جمع الغذاء، من بينها كَشْط الطحالب من على الصخور[9]، والتهام عيون الأسماك الأخرى[10]، وابتلاع البيض بعد إسقاطه من أفواه ذكور السمك الحاضنة[11].

وكان يُعتقد أن هذه الوظائف تسمح لتلك الأنواع باستهداف مصادر غذاء بعينها، كوسيلة للتحايل على التنافس الحاد على الغذاء، لكنْ في أواخر السبعينيات وأوائل





لشكل 1 | أسماك البلطيات. لدى بعض أنواع الأسماك التي تنتمي إلى فصيلة البلطيات سماتٌ شكلية جسمانية؛ لأداء وظيفة محددة في جمع الغذاء، تساعدها على التهام أنواع محددة من الفرائس. وعلى سبيل المثال.. أسماك النوع المعروف باسم *Petrochromis polyodon* (الصورة أ) لديها شفاه كبيرة، مما يُمَكِّنها من كشط الطحالب من على الصخور، في حين تتميز أسماك النوع *Haplotaxodon microlepis* (الصورة ب) بفم موجَّه إلى أعلى، مناسب للتغذي على العوالق الحيوانية العائمة في الماء. وقد أثير جدلٌ حول ما إذا كانت أنواع أسماك البلطيات هذه - التي تؤدي وظيفة محددة في جمع الغذاء - تأكل فقط الأغذية التي تطورت لاستهدافها، أم هناك أغذية غيرها. وإذا كانت تلك الأنواع ما زال بإمكانها استهداف مجموعةٍ متنوعة من مصادر الغذاء، فإنَّ هذا يشكل لغزًا معروفًا بـ«مفارقة ليام»، المتعلقة بكيفية تطوُّر تلك الوظائف. وقد قدَّم كل من جولتشر-بينافيدس، وفاجنر[1] في بحثهما بعض الملاحظات عن السلوك الغذائي للبلطيات البرية، ومنها الأنواع المذكورة أعلاه، عندما واجهت سربًا من أسماك السردين، التي لم تتخصص البلطيات في التغذي عليها، إذ لم تلتهم أسماك *Petrochromis Polyodon* سمك السردين، في حين أن أسماك *Haplotaxodon microlepis* تحولت من الاعتماد على مصدر غذائها المعتاد، لتلتهم أسماك السردين.

الثمانينيات، سجَّل عالِم الأحياء كاريل ليام حركات عضلات أسماك البلطيات في أثناء إمساكها بفريستها في المختبر[2]. وأظهرت التسجيلات أنَّ هناك مِن أنواع البلطيات التي تتسم بوظائف محددة في جمع الغذاء استطاعت الاحتفاظ بقدرتها على التحرك بطرقٍ أخرى ضرورية؛ لاقتناص مجموعةٍ متنوعة من الفرائس. وبناءً على ذلك.. أكّد ليام وجود مفارقة (يُشار إليها حاليًّا بـ«مفارقة ليام»)، مفادها أنَّ الأسماك التي تملك سماتٍ تؤهلها للتغذِّي على نوع بعينه من الفرائس يمكنها أيضًا التعامل مع فرائس أخرى كثيرة.

وإذا كان تطوير وظائف محددة في عملية جمع الغذاء لا تصاحبه أي كلفةٍ من حيث الحدّ من أنواع الطعام التي يمكن للأسماك تناولها، فمِن المفترض ألا تكون هناك حاجة كبيرة - مدفوعة بالتنافس - إلى تطوير تلك الوظائف. لذا.. قوبلت «مفارقة ليام» بالشك، لأنه بدا أنَّها تتناقض مع واحدٍ من المبادئ الأساسية للتطور، إذ يرى علماء النظم البيئية في المنافسة على الغذاء محركًا أساسيًّا لعمليات الانتقاء التطورية.

وفي محاولةٍ لحسم هذا الجدال، طوّر عالِمَا الأحياء التطورية بيرين روبنسون، وديفيد ويلسون نموذجًا رياضيًّا[3]، يصف كيف يمكن للوظائف المحددة في عملية جمع الغذاء أن تمنح النوع أفضليةً تنافسية. وأشار نموذجهما إلى أنَّ مرور النوع بفتراتٍ نادرة من نقص الغذاء يمكن أن يدفع الجسم إلى التطور؛ لاتخاذ هيئة قادرة على أداء وظيفة محددة في جمع الغذاء، مع الحفاظ على قدرته على تناول الفرائس الأخرى السهلة المتوفرة في معظم الوقت. وتوضِّح هذه الفرضية، التي تقوم على أساس نظرية «الجمع الأمثل للغذاء»، كيف من الممكن - رغم كل شيء - أن تلعب المنافسة على الغذاء دورًا في تفسير «مفارقة ليام»، إذ فرّقت بين القدرة على التكيف لأداء وظائف عديدة، وتطوير وظائف محددة في جمع الغذاء. وبمعنى آخر.. فحتى لو تطوَّر الرأس بشكلٍ معين خلال الانتقاء الطبيعي؛ لاستهداف نوعٍ معين من الفرائس، ربما يظل بإمكانه أن يعمل بكفاءة؛ لاستهداف مجموعةٍ كبيرة من الفرائس السهلة.

يطرح الإطار النظري لفرضية روبنسون وويلسون فكرةً مهمة لفهْم «مفارقة ليام»، ويتسق مع أدلة تشير إلى أنَّ النظم الغذائية للأسماك التي تختلف في أشكال أجسامها من الممكن أن تتشابه مع بعضها البعض إلى حدٍّ كبير[12]، لكن ثمة تباين بين الأسماك في المفاضلة بين تدبير الغذاء والتنافس؛ واكتساب القدرة على استهداف صنف غذائي منخفض المردود، قد يكون بسيط التكلفة بالنسبة إلى التغذّي على الفرائس السهلة عالية المردود، لكنْ إذا أسفر هذا التغيير عن فقدان القدرة على التغذِّي على الفرائس السهلة، فسيكون ذلك مكلفًا بالنسبة إلى المفترس. وينبغي أن تعكس آثار الانتقاء التطوري على شكل رأس السمكة الحاجة إلى الحصول على الأصناف الغذائية الشحيحة، التي تضمن بقاء النوع خلال الأوقات الصعبة، وليس الأصناف التي تمثل غذاءه الأساسي، أو التي يحصل عليها بوفرة.

وهناك سؤال يفرض نفسه الآن.. إلى أي مدى تعكس هذه النظريات ما يحدث في البرية؟ لم تُنشر سوى نتائج محدودة حتى الآن فيما يتعلق بهذا الشأن. وعلى سبيل المثال.. هناك أدلة على أنَّ النظام الغذائي لنوعين من البلطيات من كاشطات الطحالب يتضمن أصنافًا غير الطحالب[13]. واليوم، يقدِّم تقرير جولتشر-بينافيدس، وفاجنر دليلاً شاملًا على ما يحدث عندما تواجه أسماك لديها وظائف محددة في جمع الغذاء فرائس سهلة ووفيرة، تتمثل في أسماك السردين، التي لم تتخصص البلطيات في التهامها. ويُقدّر الباحثان أنَّ حوالي 870 سمكة تنتمي إلى واحدٍ وثلاثين نوعًا من البلطيات تغذَّت على أسماك السردين، أي أنَّ البلطيات تجاهلت الفريسة التي تخصصت في التغذّي عليها، واتجهت للتغذّي على تلك الفرائس السهلة. وهناك أسماك من البلطيات التي راقبها الباحثان، والتي تقتات عادة على حراشف أو عيون الأسماك فقط، أو على الأغشية الحيوية - (المكونة من كائناتٍ حية، مثل البكتيريا، والطحالب) والتي تتجمع على الصخور المغمورة - تغذَّت على السردين، من خلال العودة إلى نمط التغذية القائم على الشفط، الذي كانت تتبعه في صغرها.

وأسماك البلطيات التي أمكن التعرف عليها في المواجهة التي شهدها الباحثان مع السردين تنتمي إلى عشر مجموعات، مصنفة حسب وظائفها التقليدية في جمع الغذاء. وقد هاجمت الأسماك في ثماني مجموعاتٍ - منها أسماك السردين - بحماس، في حين يبدو أنَّ أسماك المجموعتين الباقيتين قامت بتضحية كبيرة بالتخصص لأداء وظيفة محددة في جمع الغذاء، وفَوَّتت الوليمة. وبوجه خاص، فإنَّ البلطيات التي لديها فمٌ شديد الانحناء إلى الأسفل، أو أسنان «ثلاثية النتوءات»، تُستخدم لتمشيط الطحالب، لم تلتهم وجبة السردين الخفيفة.

توفر هذه المشاهدة الفردية دعمًا ميدانيًّا لنظريةٍ قامت على ملاحظاتٍ تجريبية. وتوضح أهمية وجود علماء طبيعة مدربين جيدًا، ومتأهبين عقليًّا، يمكنهم وضع ملاحظاتٍ شاهدوها في العالَم الحقيقي، في إطارٍ يشمل داخله الأدبيات العلمية، والتجربة الشخصية كذلك. ■

سيباستيان كروبرت، وآدم بي. سامرز يعملان بقسم الأحياء في مختبرات فرايداي هاربور بجامعة واشنطن، الموجودة في مدينة فرايداي هاربور بولاية واشنطن، 98250، الولايات المتحدة الأمريكية

البريد الإلكتروني: sebastian.kruppert@rub.de

1. Golcher-Benavides, J. & Wagner, C. E. *Am. Nat.* https://doi.org/10.1086/704169 (2019).
2. Liem, K. F. *Integr. Comp. Biol.* **20**, 295–314 (1980).
3. Robinson, B. W. & Wilson, D. S. *Am. Nat.* **151**, 223–235 (1998).
4. Brawand, D. *et al. Nature* **513**, 375–381 (2015).
5. Clabaut, C., Bunje, P. M. E., Salzburger, W. & Meyer, A. *Evolution* **61**, 560–578 (2007).
6. Chakrabarty, P. & Douglas, M. E. *Copeia* **2005**, 359–373 (2005).
7. Motta, P. J., Clifton, K. B., Hernandez, P. & Eggold, B. T. *Environ. Biol. Fishes* **44**, 37–60 (1995).
8. Takahashi, R., Moriwaki, T. & Hori, M. *J. Fish Biol.* **70**, 1458–1469 (2007).
9. Yamaoka, K. *Afr. Study Monogr.* **4**, 77–89 (1983).
10. Fryer, G. & Iles, T. D. *The Cichlid Fishes of the Great Lakes of Africa: Their Biology and Evolution* (TFH, 1972).
11. McKaye, K. R. & Kocher, T. *Anim. Behav.* **31**, 206–210 (1983).
12. Boyle, K. S. & Horn, M. H. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **319**, 65–84 (2006).
13. McKaye, K. R. & Marsh, A. *Oecologia* **56**, 245–248 (1983).

FOCUS/EYEVINE

الشكل 1 | حرائق هائلة في الغابات الشمالية الكندية. حلل ووكر وزملاؤه[5] نوع الكربون المفقود من الترب العضوية تحت أشجار التنوب الأسود بعد الحرائق في غابات المناطق الشمالية الغربية بكندا.

الكيمياء الجغرافية الحيوية

التُّرَب وتغيُّر المناخ

خُزِّن الكربون في الطبقات العضوية لتُرَب الغابات الشمالية لمئات السنين، لكنْ هناك تحليلٌ جديد يكشف أنَّ هذا الكربون قد ينبعث في الغلاف الجوي مع زيادة وتيرة الحرائق الهائلة، الناتجة عن الاحترار العالمي.

كورنيليا رومبل

تلعب الغابات الشمالية دورًا رئيسًا في دورة الكربون العالمية، لكونها تُخزِّن من 30% إلى 40% من الكربون الأرضي[1]. ولطالما عُدَّت هذه الغابات أحواضًا للكربون، لاسيما أنَّها تُراكِم كمياتٍ كبيرة من الكربون في صورة تُربٍ عضوية[2]. ويتأثر صافي رصيد الكربون في ترب هذه الغابات بالحرائق الهائلة الطبيعية (الشكل 1)، التي يَنتُج عنها انبعاث كمياتٍ كبيرة من الكربون كل 70 - 200 سنة تقريبًا[3]، والتي تُعَد أيضًا ضروريةً للحفاظ على إنتاجية هذه الغابات، وتنوعها الحيوي، لكنَّ التغيُّر المناخي ربما يُقصِّر المُدد بين الحرائق (الفواصل الزمنية بين اندلاع حريق وآخر)، عن طريق التسبب في رفع درجات الحرارة، وزيادة معدلات حدوث صواعق البرق، وإطالة مواسم الحرائق الهائلة، وزيادة الجفاف في تلك الغابات عن المعدلات الحالية[4]. وفي بحثٍ نُشرَ مؤخرًا في دورية *Nature*، يوضح ووكر وزملاؤه[5] أنَّ زيادة وتيرة الحرائق قد تُحيل الغابات الشمالية من أحواضٍ للكربون إلى مصادر له.

يرجع السبب في هذا التحول إلى تأثير زيادة وتيرة الحرائق على الكربون المتوارَث؛ وهو الكربون العضوي، الذي فلت من الحرائق السابقة، وتراكَم في سطوح ترب الغابات الشمالية. تعمل أي غابة من تلك الغابات الشمالية حوضًا للكربون، إذا ما أزال حريقٌ كميةً من الكربون المُخزَّن في التربة أقل من الكمية التي تراكمت بعد الحريق السابق له، أو - بعبارةٍ أخرى - إذا كان الكربون المُزال من التربة بفعل الحريق أحدث من مجموعة الأشجار التي تأثرت بالنيران.

لجأ ووكر وزملاؤه إلى نهجٍ مبتكر لدراسة أصل وعُمْر الكربون الذي كان مُخَزَّنًا في التربة، وأُزيل منها أثناء الحرائق التي اندلعت في غابات أشجار التنوب الأسود خلال عام 2014، في الأقاليم الشمالية الغربية من كندا. وقدّروا كمية الكربون التي كانت موجودةً قبل الحرائق وبعدها في طبقات التربة العضوية التي تغطي الترب المعدنية في 211 موقعًا في تلك الغابات، كما قدّروا انبعاثات الكربون الناتجة عن احتراق المواد العضوية فوق سطح الأرض وتحته في تلك المواقع. وحلّلوا كذلك في 32 موقعًا من تلك المواقع وفرة النظير المشع «الكربون-14» في التربة العضوية على أعماقٍ مختلفة، لتحديد عمر الكربون المتأثر بالحرائق. كشف هذا النهج المعتمِد على دراسة التربة فقدان الكربون المتوارث في الغابات الحديثة بالمناطق الجافة، في حين ظلت الغابات القديمة في المناطق الرطبة تُراكِم الكربون في سطوح تربها.

وعن طريق تمحيص نوع الكربون تحديدًا المفقود من التربة (هل هو متوارث، أم غير متوارث)، بدلًا من مجرد قياس إجمالي الانبعاثات، عزّز ووكر وزملاؤه فَهْمنا للآليات الكامنة وراء كيفية تأثير النيران على قدرة الغابات الشمالية على القيام بدور حوضٍ للكربون على مستوى المنطقة. ويُسلِّط عملهم الضوء أيضًا على أهمية الأخذ في الاعتبار مخازن الكربون الأرضي الموجودة تحت سطح التربة، لفهْم كيفية استجابة النظام الإيكولوجي للتغيُّر المناخي.

تشير نتائج ووكر وزملائه إلى أنَّ بعض الغابات الشمالية على وشك الوصول إلى نقطة تحول في قدرتها على الصمود

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

أمام النيران، وهي نقطة ستتغير بعدها وظيفة تخزين الكربون في هذا النظام الإيكولوجي. وهذا الأمر مثار قلق شديد؛ ليس فقط لأنَّه سوف يزيد معدل انبعاث ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، لكن أيضًا بسبب الفوائد المتعددة لهذه الغابات. فالغابات الشمالية هي أكبر الموائل الأحيائية الأرضية، التي تؤوي بعضًا من أكبر مناطق الغابات السليمة في العالم، التي لم يمسسها أي تدخُّل خارجي، فضلًا عن تفرُّدها من حيث تنوعها الحيوي. وبالإضافة إلى ذلك.. هي مصدر لمنتجات الأخشاب، وتسهم إسهامًا كبيرًا في جودة الهواء في العالم، وضبط المناخ، لكنَّ فقدان الكربون، وانحسار الترب العضوية بفعل الحرائق سوف يغيِّران هذا النظام الإيكولوجي، وسوف يتسببان في عواقب غير معلومة.

على سبيل المثال.. قد تغيِّر زيادة وتيرة الحرائق تركيب الأنواع الموجودة في المنطقة، وتنوعها الحيوي، وسوف تؤثر - على الأرجح - على خصوبة التربة، نتيجة إزالة الكربون. ومن ثم، يمكن أن تصبح الغابات الشمالية أقل إنتاجيةً مما هي عليه في الوقت الحالي، وأكثر عرضةً لضغوطٍ أخرى، مثل هجمات الحشرات، وحالات الجفاف، التي يُرجح أن تصبح أكثر تواترًا مع تغيُّر المناخ. وهذه التأثيرات سوف تُضْعِف بدورها وظيفة الغابات الشمالية كحوضٍ للكربون، وتؤثر سلبًا على اقتصاديات البلدان التي تعتمد على صناعة الاحتطاب. ونظرًا إلى الصعوبة الشديدة للتكهن بطبيعة هذه التغيرات، ومواقعها، وتوقيتاتها، تمثل هذه التأثيرات تحديًا للقائمين على الغابات وصناع السياسات[6].

تبرهن دراسة ووكر وزملائه على وجود صلةٍ وثيقة بين الترب، والمناخ. ويشير المؤلفون إلى أنَّ زيادة وتيرة الحرائق في الغابات الشمالية تتسبب في دائرةٍ مغلقة من التأثيرات المتبادلة المتفاقمة.. فارتفاع معدل اندلاع الحرائق يعني تأثُّر الغابات الأصغر سنًّا، مما يزيد احتمالية انبعاث الكربون المتوارث من التربة (على افتراض عدم تغيُّر شدة الحرائق). لقد ظل الكربون المتوارَث معزولًا لمئات السنين، وسوف يؤدي انبعاثه إلى زيادة تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، وبالتالي تسريع التغيُّر المناخي.

تخصّ تأثيرات الحرائق الهائلة التي يشير إليها ووكر وزملاؤه الترب العضوية، التي راكمت كمياتٍ كبيرة من المواد العضوية، لأنَّها كانت محميةً من التحلل الميكروبي، بفعل انخفاض درجات الحرارة، أو ارتفاع مناسيب المياه الجوفية، أو كليهما معًا. تنتشر هذه الترب على نطاق واسع في المناطق الشمالية، لكنَّها موجودة كذلك في المناطق المعتدلة والاستوائية[7]. وهذه الترب العضوية، التي تحتوي على نسبةٍ من الكربون تزيد على 20%، تختلف كثيرًا عن الترب المعدنية الفقيرة نسبيًّا في الكربون، التي تقع تحت سطح معظم الغابات والأراضي العشبية في المناطق المعتدلة والاستوائية.

وسوف تؤدي الاضطرابات - مثل زيادة درجات الحرارة، والحرائق - إلى فقدان كمياتٍ أكبر بكثيرٍ من الكربون من الترب العضوية في المناطق الشمالية، مقارنةً بالترب المعدنية في المناطق المعتدلة والاستوائية[7]. ويُعزى هذا إلى أنَّ نسبةً كبيرة من المواد العضوية في الترب المعدنية محمية من التحلل الميكروبي، بفضل تفاعلها مع معادن التربة، وهو ما يحفظها مع ارتفاع درجات الحرارة، وأيضًا إلى أنَّ الترب المعدنية ضعيفة في قدرتها على توصيل الحرارة، ما يحمي عادةً المواد العضوية من النيران. ومع ذلك.. إذا انحسرت طبقات الترب العضوية في الغابات الشمالية في المستقبل، فسوف يتعين إيلاء مزيدٍ من الاهتمام إلى الكربون العضوي في الترب المعدنية الواقعة تحتها.. فالترب المعدنية تحت الغابات الشمالية تخزن كمياتٍ كبيرة من الكربون[6]، لكنَّ ووكر وزملاءه لم يأخذوا ذلك في الاعتبار في تحليلهم.

ونظرًا إلى تناقض العمليات التي تحمي الكربون في كلٍ من الترب العضوية والمعدنية، هناك حاجة إلى استراتيجياتٍ مختلفة لإدارة دور تلك الترب كأحواضٍ للكربون. وبالنسبة إلى الترب العضوية، سيكون من الضروري الحفاظ على انخفاض درجات الحرارة، وارتفاع نسب الرطوبة، وزيادة متوسط الفترات الزمنية بين الحرائق[4,7]. وسيتطلب ذلك خفضًا فوريًّا وجذريًّا لانبعاثات غازات الدفيئة من جميع قطاعات المجتمع، لتقليل الزيادات في تركيز ثاني أكسيد الكربون في الغلاف الجوي، والتغيُّر المناخي إلى الحد الأدنى. ومن أجل تحسين دور الترب المعدنية كأحواضٍ للكربون، ينبغي اعتماد ممارساتٍ مستدامة في إدارة الغابات، والنشاط الزراعي. وفي كلتا الحالتين، يتوجب رفع الوعي بفوائد الكربون المُخزَّن في التربة، والتعاون على جميع المستويات بين جميع مَن يستخدمون الترب، وأولئك الذين قد تؤدي أنشطتهم إلى إلحاق الضرر بها. ■

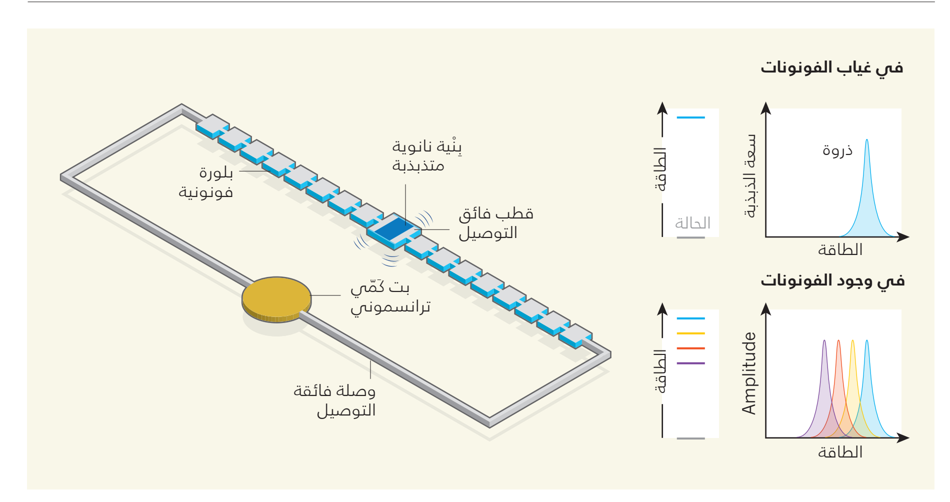
كورنيليا رومبل تعمل في المركز الوطني الفرنسي للبحث العلمي (CNRS) بمعهد النظم الإيكولوجية وعلوم البيئة في جامعة باريس لتكنولوجيا الحياة والغذاء والعلوم البيئية، بلدية ثيفرفال-جرينون بفرنسا. الكود البريدي: F-78850.
البريد الإلكتروني: cornelia.rumpel@inra.fr

1. Kasischke, E. S., Christensen, N. L. Jr & Stocks, B. J. *Ecol. Appl.* **5**, 437–451 (1995).
2. De Groot, W. J., Flanningan, M. D. & Cantin, A. S. *For. Ecol. Mgmt* **294**, 35–44 (2013).
3. Bergeron, Y., Flannigan, M., Gauthier, S., Leduc, A. & Lefort, P. *AMBIO* **33**, 356–360 (2004).
4. Goodale, C. L. *et al. Ecol. Appl.* **12**, 891–899 (2002).
5. Walker, X. J. *et al. Nature* **572**, 520–523 (2019).
6. Price, D. T. *et al. Environ. Rev.* **21**, 322–365 (2013).
7. Leifeld, J. & Menichetti, L. *Nature Commun.* **9**, 1071 (2018).

الفيزياء الكمية

جهاز يحصي فونونات الصوت

يوجد كلٌّ من الصوت والذبذبات في وحداتٍ منفصلة تسمَّى «الفونونات»، مثلما يوجد الضوء في صورة «فوتونات». ولهذا.. فإنَّ تطوير جهاز ذي قدرة على التوصيل الفائق، بإمكانه إحصاء الفونونات، يمكن أن يؤدي إلى تطوراتٍ في المعالجة الكَمِّية للبيانات.



الشكل 1 | منصة إحصاء الفونونات. أ. عرض أرانجويز أريولا وزملاؤه[1] طريقةً لإحصاء عدد الفونونات (وحدات كمية لطاقة التذبذب) الموجودة في بِنْية نانوية متذبذبة، إذ وصّل مؤلفو البحث البنية النانوية بجهاز ذي قدرة على التوصيل الفائق، يسمَّى «البت الكمي الترانسموني»، باستخدام أقطاب ووصلات فائقة التوصيل، ثم استخدم الباحثون بِنْية تُعرف باسم البلورة الفونونية (الطبقة ذات اللون الأزرق الفاتح)؛ لتقليل فقْد الفونونات في البيئة. ب. يوجد «البت الكَمّي الترانسموني» في حالتين. وفي غياب الفونونات، يتطلب انتقاله من حالةٍ إلى أخرى كمية معينة من الطاقة. ويَنْتُج عن هذا الانتقال إحراز ذروة واحدة في القياس الطيفي. ويتسبب وجود الفونونات في البِنْية النانوية المتذبذبة في حدوث تغيُّر في طاقة الانتقال إلى الحالة الأخرى، وفي الذروة المحرَزة في القياس الطيفي بمقدارٍ محدد. وفي المثال الموضح أعلاه، نجد أنّ هذه الذُّرَى (القمم) مناظرة لعدد من الفونونات يساوي صفرًا (باللون الأزرق)، ولواحد (باللون الأصفر)، ولاثنين (باللون الأحمر)، ولثلاثة (باللون البنفسجي). وتسمح ميكانيكا الكَمّ بوجود أعداد مختلفة من الفونونات في آنٍ واحد؛ وهو ما يؤدي إلى إحراز ذُرى متعددة في التحليل الطيفي.

ألبرت شليسر

وفقًا لأحد المبادئ الأساسية في ميكانيكا الكَمّ، فإنَّ طاقة أي نظام فيزيائي توجد في مستوياتٍ محددة، أي يمكن زيادتها أو تقليلها بدرجات محددة فقط. وعلى سبيل المثال.. يوجد كلٌّ من الصوت والذبذبات في مستويات محددة في صورة حِزَمٍ منفصلة، تُسمى «الفونونات». وفي بحثٍ نُشر مؤخرًا في دورية *Nature*، أشار أرانجويز أريولا وزملاؤه[1] إلى تطوير جهازٍ ذي قدرة على التوصيل الفائق، يمكنه إحصاء عدد الفونونات الموجودة في تذبذُب بِنْية نانوية مباشرةً. وهذا العمل لا يوضح المستويات المحددة لطاقة التذبذب فحسب، بل يتيح تكوين فكرة أوضح عن الحالات الكمية

للفونونات، وهو ما قد يساعد على تطوير أدواتٍ مبتكرة للمعالجة الكَمّية للبيانات.

أثبت عددٌ لا يحصى من التجارب في مجال البصريات الكمية وجود الفوتونات (حزم الضوء) وخواصها، في ما يُعَد تطبيقًا ناجحًا - إلى حد مذهل - لنظرية الكَمّ. وحاليًّا، يوجد الكثير من التقنيات لرصد الضوء والتحكم فيه على مستوى الفوتونات المفردة، وهو ما يشكل بدوره أساسًا لعديدٍ من التقنيات الكَمّية. أما بالنسبة إلى الصوت والذبذبات، فكان الوضع مختلفًا إلى حد ما؛ فوجود الفونونات أمرٌ مسَلَّم به منذ وقتٍ طويل، وينبني عليه فهْمنا للكثير من خواص المواد الصلبة، لكنَّ تقنيات قياس الذبذبات والتحكم فيها على المستوى الكَمّي لا تزال في المراحل الأولى لها.

يتبع أرانجويز أريولا وزملاؤه نهجًا يُعرف باسم النظم الصوتية الكمية[2-4] (النظير الصوتي للبصريات الكمية)، حيث تُقرَن بِنْية متذبذبة بذَرَّة صناعية. وتوجد هذه الذَّرة في إحدى حالتين، ويكفي امتصاص فونون مفرد من البِنْية المتذبذبة لتحفيزها على الانتقال من حالةٍ منهما إلى الأخرى. ومن هنا، تسمح طرق اكتشاف حالة الذَّرة وضبطها بالتحكم في كل فونون على حدة.

في البحث الذي قام به المؤلف، كانت تلك الذَّرّة الصناعية «بتًّا كَمّيًّا ترانسمونيًّا»، أي دائرة معقدة فائقة التوصيل، تعمل في نطاق الترددات ذات الموجات الميكروية. ودون الخوض في التفاصيل التقنية، فإنّ هذه الأجهزة يُنظر إليها على أنَّها حجر الأساس المحتمَل لتطوير الحواسيب الكمية المستقبلية، وتوجد تقنيات متطورة لقياس حالتها، والتحكم فيها. وفي النظم الصوتية الكمية، من الضروري الوصول إلى أقوى اقتران ممكن بين البت الكَمّي الترانسموني، والبِنْية المتذبذبة.

واستطاع أرانجويز أريولا وزملاؤه الوصول إلى اقترانٍ قوي، لدرجة أنَّه لم يعد ضروريًّا لرصد الفونون أن يمتصه البت الكَمّي، بل يمكن لذلك النظام المترابط العمل في نطاقٍ معياري، يُعرف باسم «نظام التشتت»، وفيه يكون مجرد وجود فونون مفرد كفيلًا بإحداث تغيُّرٍ في الطاقة اللازمة لتغيير حالة البت الكمي بمقدارٍ محدد[5]. وهذا التغير في الطاقة يمكن قياسه، لأنَّه يفوق بكثير هامش الخطأ في فرق الطاقة بين الحالتين. ولهذا.. في تجارب القياس الطيفي، فإنَّ الذروة المحرَزة في هذا التحليل - المرتبطة بانتقال البت الكَمّي من حالة إلى أخرى - تتغير بمقدار يفوق عرض خَطِّها (الذي هو مقياس لعرض تلك الذروة).

لاحظ مؤلفو البحث ظهور ذلك التغير في الذروة المحرَزة بالقياس الطيفي عند تسبُّب مثيرٍ ضعيف في استثارة بِنْية نانوية، وتذبذبها. وتشير هذه الخاصية إلى وجود فونون منفرد. ومع زيادة سعة الذبذبة الناتجة عن ذلك المثير، ظهرت ذُرى أخرى، مشيرةً إلى وجود فونونين، أو ثلاثة فونونات، إلخ. وتسمح ميكانيكا الكَمّ بوجود أعدادٍ مختلفة من الفونونات في آنٍ واحد؛ بحيث تظهر ذُرى متعددة. وهذه النتائج لا تتفق مع الفهم التقليدي (غير الكَمّي) للصوت، الذي يرى أنَّ الذروة المحرَزة في القياس الطيفي تتغير باستمرار بمقدارٍ متناسب مع متوسط طاقة تَذَبْذُب البِنْية النانوية، لكنْ بدلًا من ذلك.. تكشف البيانات هنا بوضوحٍ مدهش عن تَوَزُّع طاقة التذبذب في مستويات محددة.

إنّ هندسة البِنْية النانوية المتذبذبة ببراعة شديدة الأهمية لنجاح منصة إحصاء الفونونات هذه التي طَوّرها الباحثون (الشكل 1). أولًا، تُصَنَّع البِنْية النانوية من «نيوبات الليثيوم»، وهي مادة عالية الكهروضغطية؛ فهي تنتج جهدًا كهربيًّا عاليًا؛ استجابةً للتشوه الميكانيكي. ونتيجةً لذلك.. تصبح حركة البِنْية النانوية مصحوبةً بمجالاتٍ كهربية كبيرة نسبيًّا، يتأثر بها البت الكَمّي. ثانيًا، في ما يُعَد ابتكارًا في مجال النظم الصوتية الكمية، نظَّم الباحثون «نيوبات الليثيوم» في بِنْيةٍ تُعرف باسم «البلورة الفونونية»، التي تضبط فيها سرعة الصوت بصفة دورية. وتحمي هذه البلورة هذا النظام المترابط من التأثيرات البيئية الضارة، وتسمح لنوعٍ واحد فقط من الفونونات بالتفاعل مع البت الكَمّي، وهو ما يؤدي إلى إنتاج إشارةٍ خالية من التشويش.

ومع أنَّ البلورة الفونونية تقلل من فَقْد الفونونات في البيئة، يظل ذلك الفقد عاملًا مقيدًا، إذ يستغرق التحليل الطيفي للبت الكَمّي وقتًا طويلًا. وبشكلٍ عام.. يزيد الوقت المستغرَق عندما يتعين تقليل عرض خط الذروة المحرزة في القياس الطيفي. وتُفقَد الفونونات في أثناء ذلك الوقت، ولذا تتغير احتمالية وجود عددٍ معين من الفونونات في حالة تذبذب معينة مع استمرار عملية القياس. وذلك الفقد يحدّ أيضًا من عدد الفونونات التي يمكن إثبات وجودها في الوقت نفسه.

وتشير النتائج المنشورة في دراساتٍ أخرى خلال هذا العام - وقد تحققت باستخدام البلورات الفونونية السليكونية[6] - إلى إمكانية تقليل فقْد الفونونات بدرجةٍ أكبر في المنصّة التي طَوّرها أرانجويز أريولا وزملاؤه. وبالتالي قد يصبح من الممكن إجراء قياسات كمية غير هدَّامة لطاقة التذبذب؛ وهذه بدورها ستكشِف عدد الفونونات، دون تغييره، بحيث تسفر عمليات القياس المتكررة عن النتائج نفسها. ويُعَد ذلك حلمًا، لطالما راود الباحثين المعنيين بقياس الأنظمة الميكانيكية، لأنَّه يجسد العديد من المبادئ الأساسية للقياسات الكمية.

إنّ الإمكانات التكنولوجية لمنصة هؤلاء الباحثين مثيرة أيضًا للاهتمام بالقدر ذاته. فأحد التطبيقات الممكنة لها هو تطوير «مودم» كَمّي، يحتاجه الباحثون لتكوين شبكاتٍ بين الحواسيب الكمية الموجودة في مواقع مختلفة. وسيربط ذلك المودم البِتّات الكَمّية فائقة التوصيل بالفوتونات البصرية (التي يمكنها الانتقال عبر شبكات الألياف البصرية) من خلال واجهة بينية تسلسلية، يُدمَج فيها اقتران البت الكَمّي والفونون الذي تحقَّق في هذا البحث مع الروابط بين الفونونات والفوتونات التي طوّرها الباحثون في مجال «ميكانيكا بصريات التجاويف»[7]. وأخيرًا، قد ينتج في النهاية تصميم جديد كليًّا للحواسيب الكمية، تعالج فيه البتات الكمية فائقة التوصيل البيانات المخزَّنة في سجلات فونونية مدمجة. ولعل هذا تطلُّع أكثر تفاؤلًا، لكنه - بلا شك - مثير للاهتمام. ■

ألبرت شليسر يعمل في معهد نيلز بور بجامعة كوبنهاجن، 2100 كوبنهاجن، الدنمارك.
البريد الإلكتروني: albert.schliesser@nbi.ku.dk

1. Arrangoiz-Arriola, P. *et al. Nature* **571**, 537–540 (2019).
2. O'Connell, A. D. *et al. Nature* **464**, 697–703 (2010).
3. Chu, Y. *et al. Science* **358**, 199–202 (2017).
4. Satzinger, K. J. *et al. Nature* **563**, 661–665 (2018).
5. Sletten, L. R., Moores, B. A., Viennot, J. J. & Lehnert, K. W. *Phys. Rev. X* **9**, 021056 (2019).
6. MacCabe, G. S. *et al*. Preprint at https://arxiv.org/abs/1901.04129 (2019).
7. Aspelmeyer, M., Kippenberg, T. J. & Marquardt, F. *Rev. Mod. Phys.* **86**, 1391–1452 (2014).

علم الوراثة

كيف تُعبِّر الطفرات عن نفسها

طريقةٌ للكشف عن الطفرات وقياس مستويات التعبير الجيني في الخلية نفسها، تتيح إمكانية دراسة تأثيرات طفرات جينٍ معين على نشوء أحد أنواع سرطان الدم.

سيدارث راجو، وتشون جيمي يي

تؤدي الخلايا التي تدور في مجرى الدم وظائف مختلفة. وتنحدر هذه الخلايا في البالغين من خلايا سلفية في نخاع العظم. ويمكن أن تؤدي الطفرات التي تحدث في تسلسلات الحمض النووي الخاص بهذه الخلايا السلفية إلى تغيراتٍ في تطوُّر خلايا الدم، وهو ما يؤدي أحيانًا إلى الإصابة بالسرطان. وقد مَثَّل توضيح تأثير طفرات هذه الخلايا السلفية على تطوُّر خلايا الدم تحديًا صعبًا، بسبب بعض العقبات التقنية، لكن في بحثٍ نُشر مؤخرًا بدورية *Nature*، أفادت نام وزملاؤها[1] بوجود طريقة للكشف عن الطفرات وقياس التعبير الجيني في خلايا الدم السلفية المفردة. ويستخدم الباحثون هذه الطريقة لتحليل مزيج من الخلايا السلفية المحتوية على طفرات، وتلك التي لا تحتوي على أي طفرات في جينٍ مرتبط بالسرطان. وأوضح الباحثون أنَّ الخلايا السلفية المحتوية على الطفرة نفسها يمكن أن تُنتِج خلايا ذات أنماط تعبير جيني مختلفة.

وتخضع عملية تكوُّن الدم - التي تتكون بها خلايا الدم الناضجة من الخلايا السلفية - لتنظيمٍ شديد الإحكام. وبشكل عام، يعتمد «القرار» الذي تتخذه الخلايا السلفية بأنْ تتحول إلى نوع بعينه من خلايا الدم على الإشارات التي تستقبلها تلك الخلايا السلفية من بيئتها المحيطة. غير أنَّ الطفرات التي تنشأ أحيانًا في تلك الخلايا السلفية يمكن أن تؤدي إلى حجْب هذه الإشارات، أو إلى تضخيمها بدرجةٍ كبيرة، أو إلى تجاهلها فحسب، وهو ما يؤدي إلى زيادة أو نفاد أنواع معينة من الخلايا. كما قد يُسفِر في بعض الحالات عن إنتاج نُسخٍ سرطانية من هذه الخلايا. ولهذا.. فإنَّ فهْم الكيفية التي تؤدي بها الطفرات التي تحدث في الخلايا السلفية إلى تغيُّراتٍ في إنتاج أنواع الخلايا المختلفة هو مسألةٌ جوهرية.

إن دراسة كيفية تأثير الطفرات التي تحدث في خليةٍ سلفية على التعبير الجيني، ومن ثم على هوية الخلية ووظيفتها، قد مثلت تحديًا كبيرًا؛ ويرجع ذلك - إلى حد كبير - إلى أن الخلايا الطافرة قد تكون نادرة، وإلى أنَّها في معظم

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

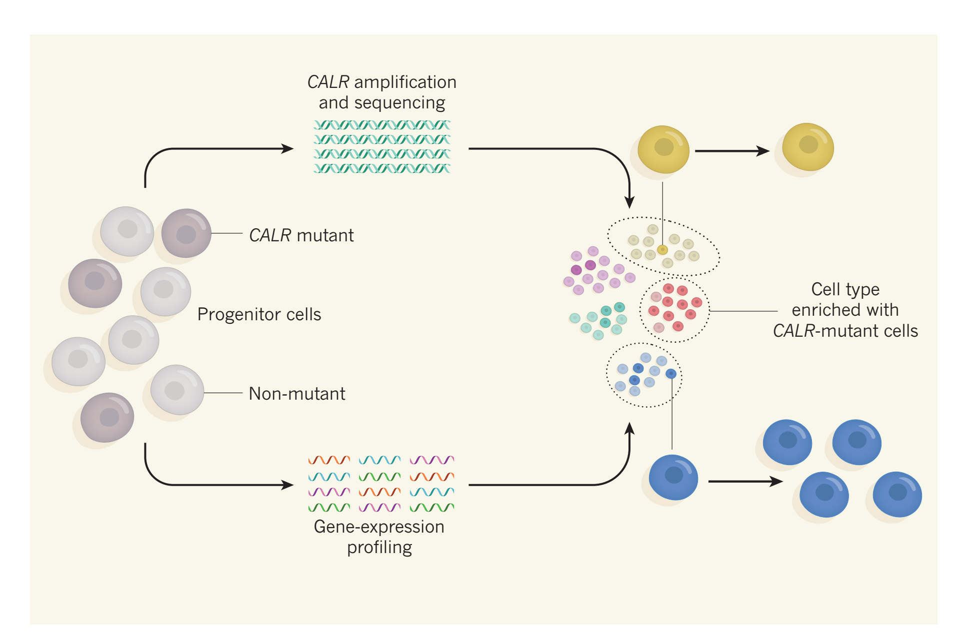
الأحيان لا تعبِّر عن الواسماتٍ الجزيئية التي يمكن استخدامها لفصل تلك الخلايا ماديًّا عن الخلايا غير الطافرة. وقد سبق استخدام استراتيجياتٍ لتحديد الاختلافات الجينية، وقياس التعبير الجيني في خلايا مفردة في الوقت ذاته، وذلك لتَتَبُّع نَسْب الخلايا في مزيج من خلايا الدم المناعية إلى الشخص المتبرع بها أساسًا[2]، ولدراسة التغيرات التي تحدث في مجموعات الخلايا، سواءً من الشخص المضيف، أم من الشخص المانح لدى الأفراد المصابين بنوع من سرطان الدم، ممن خضعوا لعمليات زراعة خلايا جِذعية[3]، لكنْ لم يُستخدم مزيج من المقاربات على نطاق واسع لفحص تأثير الطفرات في الجينات المرتبطة بالسرطان على تطور خلايا الدم.

من هنا، صمَّمت نام وزملاؤها طريقةً تسمَّى «تحديد النمط الجيني للترانسكربتومات» GoT، عن طريق الجمع بين تقنيةٍ موجودةٍ بالفعل؛ لتحديد نمط التعبير الجيني[3]، وتقنية أخرى لتضخيم تَسَلْسُلٍ جيني معين؛ لاكتشاف الطفرات الموجودة به (شكل 1). واستخدم أولئك الباحثون هذه الطريقة لتحليل آلاف الخلايا السلفية المجموعة من نخاع عظام خمسة أشخاص مصابين بنوع معين من سرطان الدم، ينجم عن طفراتٍ في جين *CALR*، ويتسم بالإفراط في إنتاج خلايا الصفائح الدموية. ومكَّنت هذه الطريقة الباحثين من معرفة أيٍّ الخلايا تحديدًا كان يحمل طفراتٍ في جين *CALR*، وأيها كان خاليًا من الطفرات.

كما استخدم الباحثون تحليلًا إحصائيًّا لـ"تصنيف" عينات الخلايا السلفية إلى أنواع مختلفة، اعتمادًا على أنماط التعبير الجيني الخاصة بها (شكل 1). وكانت الأنواع كلها التي حَدَّدوها تحتوي على خلايا حاملة لطفرات جين *CALR*، وعلى خلايا غير حاملة لها، لكنَّ احتمالية أن تسلك الخلايا المحتوية على طفراتٍ في جين *CALR* مسارات تمايز معينة كانت أكبر منها في الخلايا غير الحاملة لطفرات، ومن ثم كان هناك احتمال بشكل أكبر أن تتحول إلى أنواع محددة من خلايا الدم. وإضافةً إلى ذلك.. وَجدتْ نام وزملاؤها أنَّ تأثيرات الطفرة عندما توجد في الخلايا السلفية لا يمكن ملاحظتها إلا في المراحل المتأخرة فقط من التمايز الخلوي، وأنَّ نسل الخلايا المحتوية على طفرات جين *CALR* كان أكثر وفرةً من نسل نظائرها من الخلايا غير الطافرة، واتسم بنمط تعبير جيني محدد. وهذه الملاحظات لم يكن من الممكن التوصل إليها باستخدام التقنيات التقليدية، وهو ما يوضح مدى أهمية الطريقة المستخدَمة.

ورغم وجود بعض أوجه القصور في تلك الطريقة، يمكن معالجة هذا القصور - على الأرجح - بتطويع التقنية؛ لتلائم الطرق الحديثة للعمل على الخلايا المفردة. فأولًا، تتطلب تقنية «تحديد النمط الجيني للترانسكربتومات» حاليًّا معرفةً مسبقة بهوية الجين الطافر، أو هوية مجموعة صغيرة من الجينات التي يُحتمَل وجود طفرات بها. وكمثال على ذلك.. استخدم الباحثون نسخةً من تقنية التحليل خاصتهم، تتناول بالدراسة عناصر متعددة، ويمكنها أن تَستهدف في وقتٍ واحد أجزاءً عديدة محددة سلفًا من التَسَلْسُلات الجينية، لفحص ثلاثة من الجينات. وفي حال عدم تحديد طفرات أو جينات أو مناطق بعينها من الجينوم مسبقًا ليستهدفها التحليل (اعتمادًا على ارتباط الطفرة بانتشار مرض ما، على سبيل المثال)، فإنَّ هذا التحليل يمكن أن يُستخدم نظريًّا لتغطية مجموعاتٍ أكبر من الجينات، لكنَّ ذلك ربما لا يكون نهجًا عمليًّا من حيث التكلفة.

ثانيًا، التقنية أقل كفاءة في كشف الطفرات التي تحدث قرب منتصف الجين، مقارنةً بتلك التي تحدث قرب أطرافه.



شكل 1. تحليل حالة الطفرات والتعبير الجيني في الخلايا المفردة. أخذت نام وزملاؤها[1] عيناتٍ من الخلايا السلفية التي تكوِّن خلايا الدم من أشخاصٍ مصابين بنوع من سرطان الدم، تسببه الخلايا السلفية المحتوية على طفراتٍ في جين *CALR*. وللتمييز بين الخلايا الطافرة وغير الطافرة، ضخَّم الباحثون جين *CALR* في خلايا مفردة وعينوا تسلسله، وقاسوا أيضًا مستويات التعبير الجيني في كل خلية. واكتشفوا أنواعًا مختلفة من الخلايا، اعتمادًا على تحليلٍ إحصائي لأنماط التعبير الجيني للخلايا (الدوائر المنقطة تمثل التصنيف الإحصائي، وليس التصنيف المادي للخلايا)، وفحصوا الخلايا في تلك الأنواع المختلفة، لتحديد أيها يحتوي على طفراتٍ في جين *CALR*. وكان بعض أنواع الخلايا يضم عددًا وفيرًا من الخلايا المحتوية على طفراتٍ في جين *CALR*، وكانت للطفرات في هذا الجين تأثيراتٌ مختلفة على الأنواع المختلفة من الخلايا (على معدل التكاثر مثلًا).

ومن الحلول الممكنة لهذه المشكلة استخدام منصةٍ أقل إنتاجية، تسمح بتحليل نسخ كاملة من الحمض النووي الريبي في الخلايا المفردة[4,5]. ونظريًّا، يمكن لهذه الطريقة كشف الطفرات في أي مكانٍ بالأجزاء المُرمِّزة للحمض النووي الريبي من الجين، لكنَّ نام وزملاءها يطرحون طريقةً بديلة، من خلال توضيح أنَّ هناك تقنيةً متوافقة مع منصتهم عالية الإنتاجية، وهي تقنية تسمَّى «تعيين تسلسل الحمض النووي بالثقب النانوي»، التي يتم فيها تعيين تسلسل نُسَخ كاملة من الحمض النووي عبر تمريرها خلال ثقبٍ دقيق.

ثالثًا، لا تستطيع تقنية الباحثين كشف الطفرات في التسلسلات الجينية غير المنسوخة، التي يمكنها التأثير على التعبير الجيني، لكن ربما يمكن دراسة مثل هذه التسلسلات بالجمْع بين تقنية «تحديد النمط الجيني للترانسكربتومات»، وتقنيةٍ أخرى تقيس مدى إمكانية وصول الإنزيمات إلى تَسَلْسُلاتٍ محددة من الحمض النووي في الخلايا[6].

> **"فهْم الكيفية التي تؤدي بها الطفرات التي تحدث في الخلايا السلفية إلى تغيراتٍ في إنتاج أنواع الخلايا المختلفة هو مسألةٌ جوهرية".**

وقد استخدم بحثٌ حديث[7] مقاربةً أخرى عالية الإنتاجية؛ لتطبيق استراتيجية تضخيم موجَّه مشابهة، بغرض دراسة نوع من سرطانات الدم يُعتقَد أنَّه ينجم جزئيًّا عن خللٍ في عملية تكوُّن الدم، تتسبب فيه طفرات الخلايا السلفية. وحدد مؤلفو ذلك البحث أيضًا مجموعةً من الجينات التي عُبِّر عنها معًا في الخلايا السلفية الخبيثة فقط (أي الخلايا السلفية التي بها طفرة مرتبطة بسرطان)، ووصفوا نهجًا لتَعَلُّم الآلة يَستخدِم البيانات الخاصة بالتعبير الجيني؛ لتمييز الخلايا الخبيثة من الخلايا غير الخبيثة، حتى بدون استخدام معلوماتٍ محددة مسبقًا عن تَسَلْسُل الجين. وسيكون من المثير للاهتمام أن نرى ما إذا كان نهج تَعَلُّم الآلة هذا يمكن أن يَستخدِم بيانات التعبير الجيني التي حصلَتْ عليها نام وزملاؤها لتمييز الخلايا الخبيثة من الخلايا غير الخبيثة، بيد أنَّ الحصول على معلوماتٍ حول تسلسل الجينات في خلايا مفردة يظل أكثر صعوبة من قياس التعبير الجيني. ومن ثم، فإن الطرق التي تتنبأ بوجود خلايا خبيثة، اعتمادًا على التعبير الجيني للخلايا المفردة فقط، قد تكون لها دلالات إكلينيكية واسعة.

ومن الناحية النظرية، يمكن استخدام تقنية «تحديد النمط الجيني للترانسكربتومات»، والمقاربات المشابِهة لها؛ لدراسة أي نوع من السرطان. وتتميز هذه المقاربات بالقدرة على أنْ تُحدِّد بدقة تأثير الطفرات في جيناتٍ معلومة على تطوُّر الخلايا اللاحق، كما تتسم بالقدرة على تحديد ما إذا كانت طفراتٌ معينة كافية لنشوء السرطان، أم لا. ويمكن لمعلوماتٍ مهمة كهذه أن تسلط الضوء على الآليات الكامنة وراء نشوء سلالات نسيلية من الخلايا في مرض السرطان. ■

سيدارث راجو، وتشون جيمي يي يعملان بقسم الطب في معهد الوراثة البشرية، ومعهد باكار للعلوم الصحية الحاسوبية بجامعة كاليفورنيا، الواقعة في مدينة سان فرانسيسكو بولاية كاليفورنيا، 94143، الولايات المتحدة.
البريد الإلكتروني: Jimmie.ye@ucsf.edu

1. Nam, A. S. *et al. Nature* **571**, 355–360 (2019).
2. Kang, H. M. *et al. Nature Biotechnol.* **36**, 89–94 (2018).
3. Zheng, G. X. Y. *et al. Nature Commun.* **8**, 14049 (2017).
4. Gupta, I. *et al. Nature Biotechnol.* **36**, 1197–1202 (2018).
5. Macaulay, I. C. *et al. Nature Methods* **12**, 519–522 (2015).
6. Buenrostro, J. D. *et al. Nature* **523**, 486–490 (2015).
7. van Galen, P. *et al. Cell* **176**, 1265-1281 (2019).

ملخصات الأبحاث

الدارات العصبية

الشبكة العصبية لجنسَي الرِّبداء الرشيقة

تُعَد الإحاطة بالقدرة على التوصيل في الجهاز العصبي هي في صميم فهْم وظائفه. وفي البحث المنشور، يصف الباحثون الشبكةَ العصبيةَ لكل من جنسَيِ الدودة الأسطوانية الرِّبداء الرشيقة *Caenorhabditis elegans* البالغَين، كونها نموذجًا حيًّا مهمًّا بالنسبة إلى بحوث علوم الأعصاب.

يقدم الباحثون مصفوفاتٍ للقدرة الكمّية على التوصيل، التي تشمل كافة الوصلات، عبر جسم الحيوان بأكمله، بدءًا من المُدخلات الحسية، حتى مخرجات الأعضاء النهائية في الجهاز العصبي المركزي، وهي معلومات ضرورية لنمذجة السلوك. فعملية إعادة الهيكلة باستخدام الفحص المجهري الإلكتروني المسلسل، التي تقوم على تحليل كل من الصور المجهرية الإلكترونية الحديثة، السابق نشرها، تؤدي إلى تحديث النتائج السابقة، وتضمين البيانات المتوفرة لدى الباحثين حول رأس الذكر. يختلف الجهاز العصبي بين الجنسين على عدة مستويات؛ حيث إن العديد من الخلايا العصبية المشتركة، التي تعمل في دارات عصبية تخص السلوك الجنسي، تكون ثنائية الشكل الجنسي من حيث التركيب والقدرة على التوصيل. وتكشِف مسارات المُدخلات من الدارات المرتبطة بالجنس إلى الدارات المركزية عن نقاطٍ تتقارب فيها المسارات الجنسية، وغير الجنسية. وفي المسارات المركزية المشتركة، يختلف عدد كبير من الوصلات بين الجنسين من ناحية القوة.

S. Cook *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1352-7

تغير المناخ

دور المناخ في نشوب النزاعات المسلّحة

تصف نتائج الأبحاث حول العلاقة بين المناخ والنزاعات بالتنوع، وبكونها مثار جدل. ويقيّم الباحثون - في البحث المنشور - فهْمنا الحالي للعلاقة بين المناخ، والنزاعات، استنادًا إلى أحكام مبنية على تفكير منظم لخبراء من مختلف التخصصات. ويتفق هؤلاء الخبراء على أن المناخ قد أثَّر في النزاعات المسلحة المنظّمة داخل البلدان، لكنّ الدوافع الأخرى؛ كانخفاض التنمية الاجتماعية الاقتصادية، وانخفاض قدرات الدولة، تُعتبر أشد تأثيرًا بكثير، وما تزال آليات الارتباط بين المناخ، والنزاعات مثار شك كبير. ويُقَدَّر أنْ يعزِّز تفاقُم تغيّرات المناخ من احتمال نشوب نزاعات مستقبلية.

K. Mach *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1300-6

محاكاة كمية

الجسيمات المتفاعلة في الفراغ المنحني

برزت الخصائص الكهروديناميكية الكمية في الدوائر فائقة التوصيل بعد عقدين من التطور، كمنصة واعدة للحوسبة، والمحاكاة الكميتين، إذ تشكل شبيكات الرنانات متحدة المستوى المرشدة للموجات مواد اصطناعية تستخدمها فوتونات الموجات الميكروية، ويمكن فيها دمج التفاعلات بين الفوتونات؛ إما من خلال استخدام مواد رنان غير طولي، أو من خلال الوصل بين البتات الكمية والرنانات. ويستخدم الباحثون، في البحث المنشور خاصية سبق إغفالها، وهي أن مواقع هذه الشبكات قابلة للتشوه، وتسمح بوجود شبكات قوية الترابط يتعذر تحقيقها حتى في أنظمة الحالة الصلبة. ويوضح الباحثون أن شبكات الرنانات متحدة المستوى المرشدة للموجات يمكن أن تخلق فئة من المواد تشكل شبكات في فراغ حقيقي ذي مقطع زائد يتسم بانحناء سلبي ثابت. ويقدم الباحثون عمليات محاكاة عددية لنظائر ذات مقطع زائد لشبكة كاجومي «kagome». وتظهر عمليات المحاكاة تلك كثافات استثنائية ناجمة عن حالات تضم عددًا ملحوظًا من حالات الانفطار الذاتية التي تكوِّن نطاقًا مسطحًا معزولًا طيفيًّا. ويقدم الباحثون إثباتًا تجريبيًّا لمبدأ تحقيق مثل تلك الشبيكات. ويمثل هذا البحث خطوة في الطريق نحو تحقيق محاكاة كمية لعلم المواد على الرقائق، وللجسيمات المتفاعلة في الفراغ المنحني.

A. Kollár *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1348-3

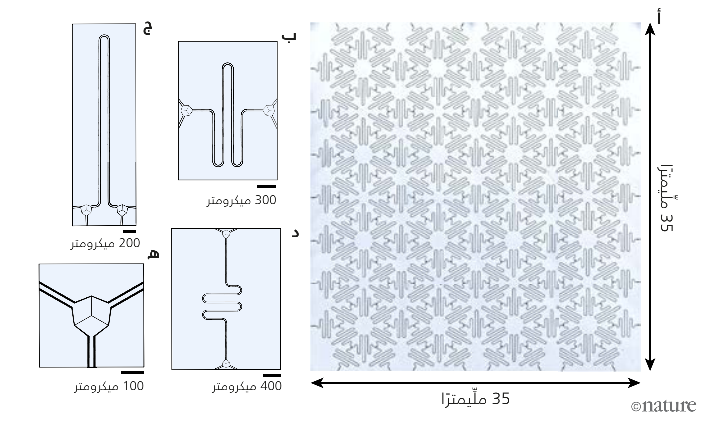
الشكل أسفله | شكل 1 | شبكات دائرة كهروديناميكية كمية. أ، صورة لشبكة «إقليدية» Euclidean lattice من رنانات الموجات الميكروية متحدة المستوى، المرشدة للموجات، مُعدّلة من المرجع. ب-د، ثلاثة رنانات متطابقة رياضيًّا بأشكال مختلفة، لكنْ تتسم بترددات الرنين، ومعدلات القفز ذاتها. مقاييس الرسم: ب، 300 ميكرومتر؛ جـ، 200 ميكرومتر؛ د، 400 ميكرومتر. هـ، نظرة مقربة لوصلة سعوية مثل هذه المستخدمة في أ-د لتوصيل الرنانات الثلاثة معًا. مقياس الرسم: 100 ميكرومتر. يتم تعيين معدل القفز الحقيقي عند هذه الوصلة عن طريق السعة الكهربائية بين الدبابيس المركزية الثلاثة، التي تتخذ شكل سهم.

النظام الشمسي المبكر

إعادة تصوُّر لتاريخ تنامي القمر

العناصر شديدة الألفة للحديد (التي تُعرف اختصارًا بـHSEs؛ وهي: الذهب، والإيريديوم، والأُوزْمِيُوم، والبالاديوم، والبلاتين، والرينيوم، والروديوم، والروثينيوم) مهمة لتتبع المراحل المتأخرة من عملية التنامي في تكوّن الكواكب. وقد انتبه العلماء إلى هذه الأهمية منذ وقت طويل. ومع ذلك.. فإن الطبيعة الدقيقة لتاريخ تنامي القمر لا تزال غامضة. فهناك تباين كبير بين مخزون الأرض، والقمر من العناصر شديدة الألفة للحديد، إذ يبدو أن هذه العناصر قد تراكمت – بصورة غير متكافئة – وبكميات أكبر في الأرض، مقارنة بالقمر. وقد طُرِحَت سيناريوهات عديدة لتفسير هذا اللغز؛ منها الفرضيات عن وصول هذه العناصر إلى الأرض بفعل بضعة أجسام مرتطمة كبيرة، وتراكم أجسام بحجم الحصاة على مدارات بطيئة ديناميكيًّا، عززت عامل التركيز الثقالي للأرض، وفرضية «سن المنشار» لأحداث الارتطام، التي تنص على حدوث دفق ارتطامي أضعف بكثير قبل حوالي 4.10 مليار سنة. ومع ذلك.. ففيما يتعلق بالقمر، فإن معظم هذه النماذج النظرية يَفترِض وجود نسبة مرتفعة بين كتلة الأجسام المرتطمة، والكتلة المحتجزة (الجزء المُحتفَظ به من كتلة الجسم المرتطم على الهدف).

ويُجْري الباحثون - في البحث المنشور - سلسلة من عمليات محاكاة لأحداث ارتطام؛ لتحديد نسبة كتلة الأجسام المرتطمة إلى الكتلة المحتجزة، متبوعة بإجراء محاكاة «مونتي كارلو» Monte Carlo، مع اعتبار وجود دفق ارتطامي يضمحل بثبات؛ بغرض حساب كتلة الأجسام المرتطمة المتراكمة في قشرة القمر، ووشاحه عبر تاريخهما. ووجد الباحثون أن متوسط نسبة كتلة الأجسام المرتطمة إلى الكتلة المحتجزة على مدى تاريخ الارتطامات بالقمر بالكامل أقل من التقديرات السابقة بحوالي ثلاثة أمثال. وتشير نتائج الباحثين إلى أنه للوصول إلى كميات العناصر شديدة الألفة للحديد، الموجودة في قشرة القمر، ووشاحه، من المفترض أن تكون عملية احتجاز هذه العناصر قد بدأت قبل 4.35 مليار سنة، عندما تَصَلَّب معظم محيط الصهارة الموجود على القمر. ويرجَّح أن الكتل التي تراكمت قبل هذا الوقت قد فقدت محتواها من العناصر شديدة الألفة للحديد، بانتقال هذه العناصر إلى لب القمر. ويَفترِض الباحثون أن ذلك قد حدث في أثناء تبلور وشاح القمر. وبالجمع بين انخفاض نسبة كتلة الأجسام المرتطمة إلى الكتلة المحتجزة،



تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

والاحتجاز المتأخر للعناصر شديدة الألفة للحديد في الوشاح القمري، يمكن الحصول على تفسير واقعي للنقص البيِّن في الكتلة المتراكمة حديثًا على القمر بالنسبة إلى نظيرتها في الأرض.

M. Zhu *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1359-0

مجال البحث

روبوتات تكاملية مستوحاة من النمل

في مستعمرات النمل، تتيح الحياة الجماعية تقسيم العمل والموارد بقابلية هائلة للتوسع. وإلى جانب السلوكيات الاجتماعية المعقدة، طورت كائنات جنس *Odontomachus* - المعروف أيضًا باسم نمل «فك الفخ» - آليات مذهلة للحركات المتعددة؛ من أجل "الفرار قفزًا" إلى أعلى عند شعورها بالتهديد، عن طريق إطباق فكّها السفلي بشكل مفاجئ، إلى جانب تطوير آليات لتخطي العوائق، من خلال الوثب إلى الأمام باستخدام سيقانها. وقد تؤدي محاكاة هذه الخصائص الميكانيكية الحيوية المتنوعة للحشرات، ودراسة السلوكيات الجماعية في مجموعة متنوعة من البيئات إلى تطوير مجموعات روبوتية تكاملية متعددة الحركات، قابلة للانتشار في مواقف بعينها؛ مثل الإغاثة في الحالات الطارئة، والاستكشاف، والمراقبة. ومع ذلك.. فإن إعادة إنتاج هذه القدرات في أنظمة روبوتية صغيرة تتسم بالبساطة من ناحية التصميم وقابلية التوسع لا تزال تمثل تحديًا رئيسًا. ففي الوقت الراهن، يقتصر عمل المجموعات الروبوتية التكاملية على السطوح ثنائية الأبعاد (المسطحة)، بسبب محدودية الحركة، ويصعب توسيع نطاق إنتاج الروبوتات المفردة متعددة الحركات إلى مجموعات كبيرة؛ بسبب تزايد تعقُّد تصميمات الأجهزة، وحجمها، وتكلفتها، وهو ما يعوق إنتاجها بأعداد كبيرة.

يقدم الباحثون - في البحث المنشور - روبوتًا مستقلًّا، ومتعدد الحركات بحجم حشرة (روبوت مليِّمتري) مستوحى من نمل «فك الفخ»، في محاولة للتصدي لتحديات التصميم، وقابلية التوسع في الروبوتات الأرضية الصغيرة. صُمِّمَت آلية الحركة المدمجة للروبوت باستخدام أدنى قدر من المكونات، وأقل عدد من خطوات التجميع. وتتميز الآلية بمتطلبات طاقة قابلة للتوليف، ويمكنها تحقيق خمسة أشكال مختلفة من المشي، وهي: الوثب الرأسي للارتفاع، والوثب الأفقي لقَطْع المسافات، والقفز مع التقلُّب في الهواء لتخطي العوائق، والسير على أرضيات خشنة، والزحف على سطوح مستوية. ويستطيع الروبوت المليِّمتري حر الحركة، الذي يعمل بالبطارية أن يبدل طريقة سيره انتقائيًّا؛ لاجتياز أشكال الأرضيات المتنوعة. وتستطيع مجموعات الروبوتات المليِّمترية أن تعمل بشكل تكاملي؛ لتحريك الأجسام، واجتياز العوائق. وقد أنشأ الباحثون نموذجًا أوليًّا بحجم كف اليد، يزن عشرة جرامات – وهو أصغر وأخفّ الروبوتات المستقلة متعددة الحركات التي أُبلغ عنها حتى الآن – عن طريق طيٍّ شطيرة من مادة فريدة الخواص شبه ثنائية الأبعاد، مكونة من طبقات ميكانيكية، ومادية، وإلكترونية مدمجة بسهولة، وهو ما سيتيح تصنيع روبوتات عالية الكفاءة، والمرونة، قابلة بدرجة كبيرة للتخلص منها، بدون خطوات تجميع، وبأعداد كبيرة.

Z. Zhakypov *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1388-8

علم الأنثروبولوجيا

هجرة الإنسان العاقل إلى أوراسيا

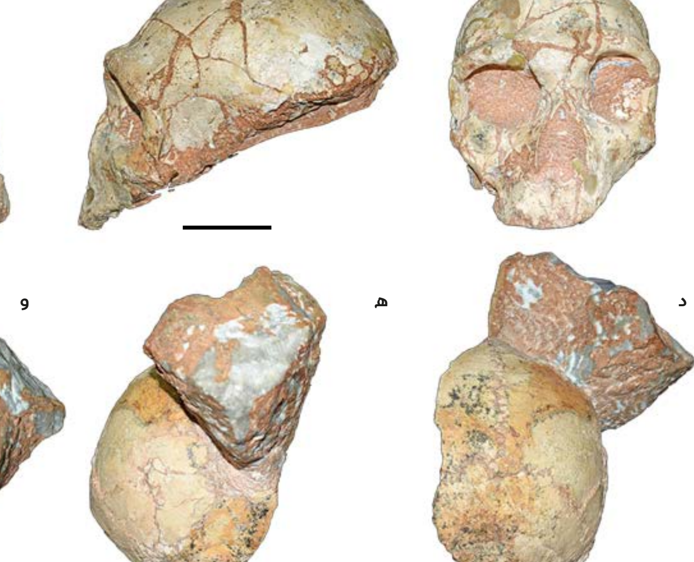
اُكتُشفت أحفوريتان لعظمتَي قِحف بشريّتين (أُطلق عليهما «أبيديما1»، و«أبيديما2») في كهف أبيديما بجنوب اليونان في عام 1978، ولكنهما بقيتا محاطتَين بالغموض، نظرًا إلى حالتيهما غير المكتملة، وعدم وضوح تاريخهما الأحفوري، بالإضافة إلى غياب السياق الأثري، وعدم إمكانية وضع تسلسل زمني.

في البحث المنشور، يحاول العلماء إعادة نمذجة عظمتَي القحف، بشكل تقريبي. ويُورِد الباحثون توصيفات وتحليلات مقارنة مُفصَّلة، كما يحددون عمر المادة الصخرية الملتصقة بالحفرية، من خلال تقنيات تأريخ النشاط الإشعاعي باستخدام سلسلة اليورانيوم. تمكّن الباحثون من تحديد أن عيّنة «أبيديما2»، يعود تاريخها إلى أكثر من 170 ألف سنة مضت، وتظهر عليها أنماط مورفولوجية تشابه تلك التي تعود لإنسان « النياندرتال». وعلى النقيض من ذلك.. يرجع تاريخ عيّنة «أبيديما1» إلى أكثر من 210 آلاف سنة مضت، وتُظهِر مزيجًا من سمات الإنسان الحديث وأسلافه. تشير هذه النتائج إلى وجود مجموعتين بشريتين عاشتا في أواخر عصر البليستوسين الأوسط في هذا الموقع؛ كانت واحدة منهما تنتمي إلى مجموعة الإنسان العاقل *Homo Sapiens* المُبكّر، وتلتها مجموعة لإنسان النياندرتال.

تدعم هذه النتائج أيضًا حدوث عمليات انتشار متعددة لمجموعات الإنسان الحديث المُبكر، خروجًا من أفريقيا، وتسلّط الضوء على العمليات الديموجرافية المعقدة، التي ميّزت تطوّر إنسان حقبة البليستوسين، وكذلك استيطان الإنسان الحديث جنوب شرق أوروبا.

K. Harvati *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1376-z

الشكل أعلاه | أحفورتان لعظمتَي قِحف «أبيديما 1»، و«أبيديما 2». أ – ج، «أبيديما2». أ. منظر أمامي ب. منظر جانبي أيمن. ج. منظر جانبي أيسر. د – و. «أبيديما 1». د. منظر خلفي. هـ. منظر جانبي. و. منظر علوي. مقياس الرسم. 5 سنتيمترات.

أبحاث السرطان

المراوغة المناعية قبل غزو ورم سرطاني

يُعَد اكتشاف أمراض السرطان وعلاجها في مرحلةٍ مبكرة ضروريًّا؛ لزيادة فرص شفاء المرضى. ويتطلب فهم بيولوجيا التسرطن - المجهولة إلى حدٍّ كبير - فهْم العمليات الجزيئية في الآفات محتملة التسرطن، وكشف محدِّدات رد الفعل المناعي داخل هذه الآفات في أثناء الإصابة بالسرطان. وقد أُثبتَ في الماضي أنَّ الاستجابة المناعية التكيفية في الأورام تكون في أقوى حالاتها في المرحلة الأولى من سرطان الأنسجة.

في هذا البحث، يوضح الباحثون أنَّ التنشيط المناعي والمراوغة المناعية يحدثان قبل غزو الورم السرطاني، ويكشفون عن الواسمات الحيوية المناعية المهمة في المراحل المبكرة السابقة للغزو في حالات تسرطن الرئة. استخدم الباحثون تقنيات تنميط التعبير الجيني والتصوير متعدد الأطياف؛ لتحليل مجموعة بيانات خاصة بتسع مراحل مورفولوجية لتطور سرطان الخلايا الحرشفية بالرئة، تتضمن 122 خزعة مصحوبة بتعليقاتٍ توضيحية مُفصلة من 77 مريضًا بالسرطان. حدّد الباحثون مسارات تطور السرطان،

والمسارات المناعية، التي تشمل الآتي: (1) زيادة مستمرة في كلٍّ من تكاثر الخلايا السرطانية، وإصلاح الحمض النووي، تعمل بصورةٍ تتابعية على تحويل الأنسجة من طبيعية إلى سرطانية؛ (2) زيادة عابرة في الأيض والاستشعار المناعي المبكر، عن طريق تفعيل الخلايا المناعية المقيمة في آفات ما قبل الغزو منخفضة الدرجة؛ (3) تفعيل الاستجابات المناعية والمراوغة المناعية، من خلال الحواجز المناعية والإنترلوكينات المثبطة، كنتيجة لآفات ما قبل الغزو عالية الدرجة؛ وأخيرًا (4) تفعيل التحول من الحالة الظهارية إلى الحالة الوسيط في مرحلة الغزو السرطاني.

يقترح الباحثون أنَّ تسرطن الرئة ينطوي على تطور ديناميكي مشترك للخلايا القصبية والاستجابة المناعية في المرحلة السابقة للغزو. وتسلّط هذه النتائج الضوء على ضرورة تطوير واسمات حيوية مناعية تساعد على الكشف المبكر، بالإضافة إلى مقاربات للعلاج المناعي، أو العلاج الكيميائي الوقائي في حالة الأفراد الذين يزيد لديهم خطر الإصابة بسرطان الرئة.

C. Mascaux *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1330-0

فسيولوجيا الأعصاب

مراحل النوم العصبية عند أسماك الزرد

أمكن تمييز النوم بطيء الموجات الدماغية، ونوم حركة العين السريعة (أو النوم المتناقض) عند الثدييات والطيور والسحالي، لكن ليس من الواضح ما إذا كانت هذه المراحل العصبية موجودة لدى الفقاريات اللاسلويّة أم لا.

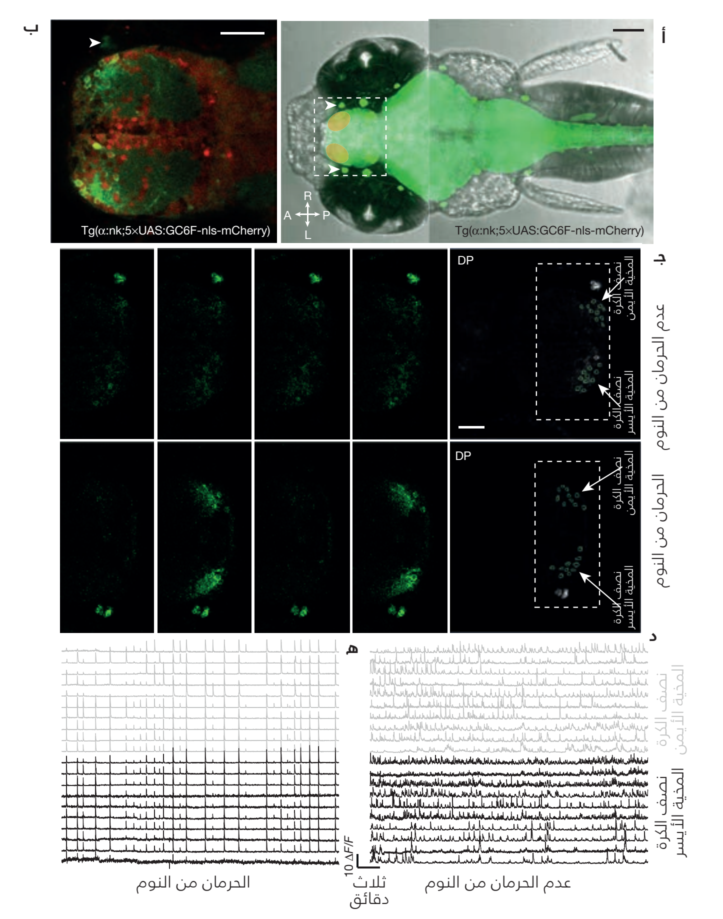
في البحث المنشور يطوّر الباحثون اختبار نوم تألقي غير باضع، لدراسة النوم عند أسماك الزرد، ويظهر الباحثون من خلال تسجيل حيادي للنشاط على مستوى الدماغ، مصحوب بتقييمٍ لحركة العين والديناميكيّات العضلية ومعدل ضربات القلب، أن ثمة مرحلتين رئيسين للنوم، على الأقل، في أسماك الزرد. وقد أطلق الباحثون على هاتين المرحلتين، اسم النوم بطيء التدفق، ونوم الموجة الدماغية المنتشرة، وتوجد قواسم مشتركة بين هاتين المرحلتين، مع النوم بطيء الموجة، والنوم المتناقض (أو ما يعرف بنوم حركة العين السريعة)، على التوالي.

علاوة على ذلك، وجد الباحثون أن تأشيرات الهرمون المُركِّز للميلانين (والتي تلعب دورًا في عملية نوم الثدييات)، تنظم أيضًا مرحلة نوم الموجة الدماغية المنتشرة ومدة النوم الإجمالية عند أسماك الزرد. ومن المحتمل حدوث ذلك عبر تنشيط خلايا البطانة العصبية.

وتشير هذه الملاحظات إلى أن مراحل النوم العصبية المشتركة، ربما تكون قد ظهرت في أدمغة الفقاريات قبل أكثر من 450 مليون عام.

L. Leung *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1336-7



الشكل أسفله | الحرمان من النوم يولّد نشاطًا بطيء التدفق في القشرة المخية الظهرية لسمك الزرد. أ. منظر للدماغ من منطقة الظهر من أسماك زرد محوَّرة جينيًّا (a:nk;5×UAS:GCaMP6F-p2a-nls-mCherry) (راجع المناهج.. لمزيد من التفاصيل حول سلالة أسماك الزرد) في اليوم السابع بعد الإخصاب (مؤشر GCaMP فقط هو الموضّح)، متراكب فوق مخطط جسم هذه الأسماك (الضوء المُرسل). الأشكال البيضاوية برتقالية اللون تمثّل القشرة المخية الأمامية على جانب الجسم، التي تحدث فيها أنشطة يقظة تلقائية عالية. مقياس الرسم: 100 ميكرومتر. A = أمامي؛ L = يسار؛ R= يمين؛ P= خلفي. ب. صورة مفردة من مقطع المستوى المركّب z لمنطقة الدماغ الانتهائي (مؤشر GCaMP (باللون الأخضر)، وبروتين mCherry المتوضع في النواة (باللون الأحمر)) من المربع المحدد بالخط المتقطع في الصورة أ، عند مستوى المؤشر المرجعي بالمحسّ (رأس السهم الأبيض). مقياس الرسم: 50 ميكرومترًا. ج، د:إلى اليمين، صور تمثيلية تُظهِر 20 بصمة على أدمغة الأسماك التي لم يتم حرمانها من النوم (ج) أو أدمغة الأسماك التي تم حرمانها من النوم (د). إلى اليسار، مقاطع مكبرة لتصوير الكالسيوم Ca^{2+} في القشرة المخية الظهرية (DP) من المنطقة في المربع المحدد بالخط المتقطع في اللوحة الموجودة في أقصى اليمين. مقياس الرسم: 50 ميكرومترًا. هـ، و: آثار التغير في شدة التألق/ شدة التألق البدئية ($\Delta F/F$) بالمُواءمة زمنيًّا في 20 خلية عصبية من أسماك لم يتم حرمانها من النوم (هـ) مشار إليها في ج، ومن أسماك تم حرمانها من النوم (و) مشار إليها في د. قيمة مؤشرات عدم التزامن، مقابل مؤشرات التزامن (أو الفترة البينية العابرة)، ITI: 3.84± 0.14 ثانية، مقابل 12.26 ± 2.91 ثانية، القيمة الاحتمالية P= 0.00018، في مقياس مان ويتني، حيث العدد= عشر سمكات لكل حالة، وقيمة مؤشر الترابط: 6.32% (العدد= 40,174 حسكة) مقابل (العدد = 41,84% حسكة)؛ القيمة الاحتمالية0.05 > P،في اختبار مربع كاي.

علم الأعصاب

الاستجابات العصبية في القشرة البصرية

ترمِّز مجموعات الخلايا العصبية المعلومات بأقصى كفاءة ممكنة عندما تكون استجاباتها للمحفّزات كثيرة الأبعاد، وغير مترابطة، وبأقصى إحكام ممكن عندما تكون استجاباتها بسيطة الأبعاد، ومترابطة.

في البحث المنشور، عمد الباحثون إلى تحليل الحالة البُعدية لعملية ترميز صور طبيعية، قامت بها مجموعات كبيرة من الخلايا العصبية في القشرة البصرية الدماغية عند فئران مستيقظة. كان نشاط مجموعة الخلايا العصبية المُثارة نشاطًا كثير الأبعاد، كما خضعت الارتباطات لقانون رفع غير متوقع، إذ سَجّل العنصر الرئيس ذو ترتيب (n) تفاوتًا يساوي مقلوب الترتيب ($1/n$). لم تُستمد عملية القياس هذه من نطاق قانون الرفع الخاص بالصور الطبيعية، وذلك نظرًا إلى استمرار القياس، حتى بعد تحييد المُحفّز.

أثبت الباحثون - باستخدام البراهين الرياضية - أنه إذا جرى إبطاء عملية اضمحلال نطاق التفاوت، فإن مجموعات الخلايا العصبية لن تُنتِج عندئذ رمزًا يتسم بالسلاسة، الأمر الذي سيسمح لتغيّرات طفيفة في المُدخلات أن تسيطر على نشاط المجموعة. وتتنبأ النظرية كذلك برتب أسية أكبر لقانون الرفع فيما يخص تجمعات المُحفزات بسيطة الأبعاد، التي تَحَقَّق الباحثون من صحتها تجريبيًّا. تشير هذه النتائج إلى أن سلاسة الترميز قد تمثل قيدًا أساسيًّا، يُحدد الارتباطات في رموز المجموعات العصبية.

C. Stringer *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1346-5

نشوء الأعضاء

عوامل النسخ لعملية تخليق القلب

تنطوي عملية تخليق الأعضاء على تكامل مختلف أنواع الخلايا، حيث إنّ أي خلل في تنظيم التعبير عن الشبكات الجينية الخاصة بنوع الخلية يؤدي إلى حدوث عيوب خلقية، تصيب 5% من المواليد الأحياء. وتُعتبر عيوب القلب الخلقية هي التشوهات الخلقية الأكثر شيوعًا، وتنتج عن خلل في مجموعات فرعية منفصلة من الخلايا السلفية القلبية، ولكنْ تظل التغيرات النسخية التي تطرأ على الخلايا السلفية الفردية، والتي

تسبِّب عيوبًا خلقية على مستوى الأعضاء غير معروفة. استخدم الباحثون في البحث المنشور تقنية تعيين تسلسل الحمض النووي الريبي للخلية المفردة؛ لتقصي الخلايا السلفية القلبية الأولية وهي تتحول إلى خلايا متخصصة أثناء عملية تخليق القلب الطبيعية، والمعتلة، كاشفين كيف يؤدي خلل تنظيم التعبير عن مجموعات خلوية فرعية بعينها إلى عواقب وخيمة. وقد تمكنت طريقة حسابية قائمة على شبكة لتحليل تسلسل الحمض النووي الريبي للخلية المفردة - مصمَّمة للتنبؤ بعوامل النسخ الموصفة للسلالات الخلوية - من التعرف على جين *Hand2*، باعتباره أحد العوامل الموصفة للخلايا المكونة لقناة تدفق الدم إلى الخارج، لكنْ ليس لخلايا البطين الأيمن نفسه، على الرغم من فشل عملية تشكّل البطين الأيمن في الفئران المفتقِرة إلى الجين *Hand2*.

وكَشَف التحليل الزمني الترانسكريبتومي للخلية المفردة المأخوذة من الأجنة المفتقِرة إلى جين *Hand2* عن فشل في توصيف الخلايا المكونة لقناة تدفق الدم إلى الخارج في عضلة القلب، في حين وُصِفَت خلايا البطين الأيمن القلبية، لكنها فشلت في التمايز والانتقال على نحو صحيح. كما أدّى فقدان جين *Hand2* إلى خلل عملية تنظيم تأشير حمض الريتينويك، وتعطيل التنميط الأمامي والخلفي للخلايا السلفية القلبية.

تكشِف هذه الدراسة عن العوامل النسخية المحددة، التي تقرِّر مصير الخلايا السلفية القلبية المفردة، وتتحكم في تمايزها، وتكشِف عن آليات النمو المعتل للقلب بدرجة استبانة الخلية المفردة، وهو ما يوفر إطار عملٍ لاستقصاء عيوب القلب الخلقية.

T. de Soysa *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1414-x

هندسة كهربائية وإلكترونية

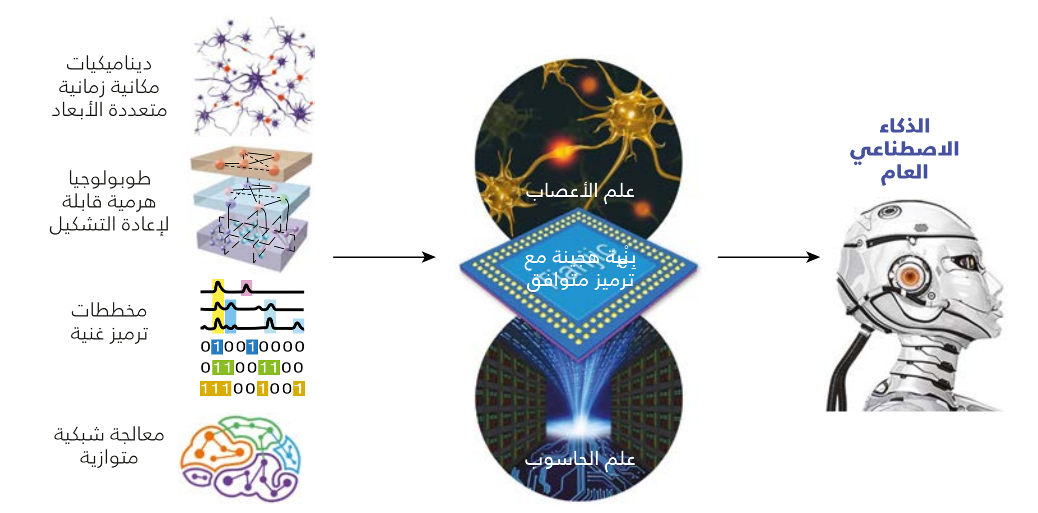
الجمع بين نهجي الذكاء الاصطناعي

ثمة نهْجان عامّان لتطوير الذكاء الاصطناعي العام (AGI)؛ أحدهما ينصَبّ على علم الحاسوب، والآخر على علم الأعصاب. ونظرًا إلى الاختلافات الجوهرية في صيغ ومخططات ترميز هذين النهجين، فإنهما يعتمدان على منصّات مختلفة وغير متوافقة؛ ما ترتب عليه عرقلة عملية تطوير الذكاء الاصطناعي العام. ووجود منصة شاملة يمكنها دعم الشبكات العصبية الاصطناعية الشائعة القائمة على علم الحاسوب، وكذلك دعم النماذج والخوارزميات المستوحاة من علم الأعصاب، هو أمر مطلوب بشدة.

يقدم الباحثون، في البحث المنشور، رقاقة «تيانجيك» Tianjic، التي تحقق التكامل بين النهجين؛ لتوفير منصة تآزرية هجينة؛ إذ تعتمد رقاقة «تيانجيك» بِنْيةً متعددة الأنوية، ووحدات بنائية قابلة لإعادة التشكيل، وتدفُّقًا مبسطًا للبيانات، ذا مخططات ترميز هجينة. ولا تقتصر قدراتها على استيعاب خوارزميات تعلُّم الآلة القائمة على عِلْم الحاسوب فحسب، بل يمكنها أيضًا – وبسهولة - دمج دوائر مستوحاة من تركيب الدماغ، والعديد من مخططات الترميز. ويبرهن الباحثون - باستخدام رقاقة واحدة فقط - على المعالجة المتزامنة لخوارزميات ونماذج متعددة الاستخدامات في نظام درّاجة هوائية آلية بدون سائق، محققين بذلك رصدًا للأجسام، وتتبُّعًا، وتحكُّمًا صوتيًّا، وتجنُّبًا للعوائق، وتحكُّمًا في الاتزان، بشكل آنيّ. ومن المتوقع أن تعزز دراسة الباحثين عملية تطوير الذكاء الاصطناعي العام؛ من خلال تمهيد الطريق أمام منصّات معدات حاسوبية أكثر شمولية.

J. Pei *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1424-8



الشكل أسفله | النهج الهجين لتطوير الذكاء الاصطناعي العام (AGI) يجمع النهج الهجين بين مزايا النهج الذي ينصبّ على علم الأعصاب، وذلك الذي ينصبّ على علم الحاسوب (كما هو موضح على اليسار)، بهدف تطوير منصة حوسبة مشتركة بين النماذج، لها سمات عديدة شاملة، مستوحاة من الدماغ البشري، وخوارزميات تعلُّم الآلة الشائعة.

فيزياء حيوية

تحكم ضوئي في أنظمة المواد النشطة

تتمتع الأنظمة الحية بالقدرة على الحركة، وإعادة تشكيل ذاتها، والتنسُّخ. ولكي تؤدي خلايا هذه الأنظمة هذه المهام، فهي تنسق زمانيًّا ومكانيًّا تفاعلات الجزيئات "النشطة" المولدة للقوة، التي تُكوِّن بِنى غير متوازنة، وحقول قوة يصل طولها إلى ملّيمترات، وتتحكم فيها. وبمقدور الأنظمة التجريبية التي تستخدم مادة نشطة، والمكونة من جزيئات حيوية، أو اصطناعية أن تنظم نفسها تلقائيًّا في شكل بِنى، وأن تولد تدفقًا شاملًا. ومع ذلك.. فإن هذه الأنظمة التجريبية تفتقر إلى التحكم الزماني والمكاني الذي تتمتع به الخلايا، وهو ما يحدّ من جدواها في دراسة ظواهر عدم التوازن، وفي حقل الهندسة المستوحاة من الأنظمة الحيوية.

ويكشف الباحثون، في البحث المنشور، عن ظواهر عدم توازن، ومبادئ تحكم متوسِّط بالحدود؛ وذلك عبر التحكم الضوئي في البِنى، وفي تدفق الموائع، في نظام جرت هندسته من جزيئات حيوية نشطة. ويتكون النظام الذي صممه الباحثون من أنابيب صغيرة ميكروية مُتَقّاة، وبروتينات حركية قابلة للتنشيط ضوئيًّا، تربط بين الأنابيب الصغيرة الميكروية، وتنظم عملها؛ لتأخذ شكل بِنى مميزة عند الإضاءة. ويطور الباحثون عمليات أساسية – تُعرَّف كمجموعات من أنماط الضوء – لتكوين بِنى من الأنابيب الصغيرة الميكروية، وتحريكها، ودمجها. ومن خلال الجمع بين هذه العمليات، يؤسس الباحثون شبكات من الأنابيب الصغيرة الميكروية، يصل طولها إلى عدة مئات من الميكرومترات، وتنكمش بسرعات أعلى من سرعة البروتينات الحركية المفردة بما يصل إلى رتبة أسية واحدة. ويتحكم الباحثون في هذه الشبكات القابلة للانكماش؛ لتوليد تدفقًا مستمرًّا من الموائع، وتشكيلها.

ويمكن استخدام مبادئ التحكم المتوسِّط بالحدود التي يكشف الباحثون النقاب عنها؛ لدراسة البِنى، والقوى الخلوية الناشئة، ولتطوير أجهزة قابلة للبرمجة تستخدم مواد نشطة.

T. Ross *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1447-1

وبائيات الأمراض المعدية

المشيمة البشرية قد تحوي كائنات مُمرِضة

سعى الباحثون لتحديد ما إذا كان ثمة ارتباط بين مقدمات الارتعاج، أو الولادة المبكّرة التلقائية، أو ولادة رضع صغار الحجم بالنسبة إلى عمر الحمل، ووجود حمض نووي بكتيري في المشيمة البشرية. وفي البحث المنشور، يوضح الباحثون أنه لم يوجد دليل على وجود بكتيريا في الغالبية العظمى من عيّنات المشيمة، التي استُمِدَّت من حالات حمل معقّدة وغير معقّدة، على حد سواء. فقد ارتبطت تقريبًا جميع الإشارات البكتيرية إما بالإصابة بالبكتيريا في أثناء المخاض والولادة، أو بتلوث الكواشف المختبرية بحمض نووي بكتيري، لكنْ كان الاستثناء من ذلك هو البكتيريا العِقْدِيّة القاطعة للدرّ *Streptococcus agalactiae*

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

(المكوّرات العِقْدِيّة من المجموعة ب)، التي في حالتها تم الكشف عن إشارات بكتيرية غير مرتبطة بتلوُّث في حوالي 5% من العينات، والتي كانت قد جُمِعَت قبل بدء المخاض. ويستنتج الباحثون أن عدوى المشيمة البكتيرية ليست سببًا شائعًا لنتائج الحمل السلبيّة، وأن المشيمة البشرية لا تحتوي على ميكروبيوم، لكنها في الواقع تمثِّل موقعًا ممكنًا للإصابة ببكتيريا *S. agalactiae* في الفترة المحيطة بالولادة، وهذا سبب أساسي لتسمم الدم في حديثي الولادة.

M. Goffau *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1451-5

فيزياء فلكية

تكوُّن اللُّب الرقيق لكوكب المشتري

تتولى بعثة «جونو» قياس مجال جاذبية كوكب المشتري؛ للحصول على بيانات حول تركيب الكوكب. وتشير نماذج بِنْية المشتري التي تتوافق مع بيانات المسبار إلى أن الكوكب له لُب رقيق، وكتلة إجمالية من العناصر الثقيلة، تتراوح بين عشر مرات، وأربع وعشرين مرة أكبر من كتلة الأرض، مع كون العناصر الثقيلة موزعة في منطقة تمتد إلى ما يقرب من ربع قطر الكوكب. وتشير نماذج تركيب الكوكب إلى أن غالبية العناصر الثقيلة متراكمة فوق لُب مضغوط، وأنه لم تتراكم تقريبًا أي مواد صلبة أثناء تراكم الغاز الهارب. ولذا.. لا يمكن لكتلة العناصر الثقيلة المُستدَلّ عليها أن تتجاوز كتلة اللُّب كثيرًا. وهكذا، فإن اللُّب الرقيق لكوكب المشتري، إضافة إلى الكتلة الكبيرة المقدرة لإجمالي العناصر الثقيلة داخل الكوكب، تُناقض النظرية القياسية لتكوين الكوكب. وأحد التفسيرات المحتملة لذلك هو تآكل لُب العناصر الثقيلة، الذي كان مضغوطًا في البداية، غير أن كفاءة هذا التآكل غير مؤكدة، وتعتمد على عدم امتزاج المواد الثقيلة في الهيدروجين الفلزي، وعلى خلط الحمل الحراري أثناء تطور الكوكب. كما أنه لا يمكن عادةً للأجرام الكوكبية الصغيرة التي تغذي الكوكب، ولا لعملية التبخر إنتاج مثل هذا القلب الرقيق الكبير.

في هذا البحث، يشير الباحثون إلى أنه ربما أدّى تصادم مباشر قوي بما يكفي (تصادم ضخم) بين جنين كوكبي كبير، وكوكب المشتري في بدايات تكوينه إلى انشطار لُب المشترى المضغوط البدائي، وامتزاج العناصر الثقيلة بالغلاف الداخلي. تنتج النماذج التي تمثل هذا السيناريو بِنْية داخلية متسقة مع لُب رقيق يمكنه البقاء على مدار مليارات السنين. ويستدل الباحثون من هذا النموذج على أن حدثًا مشابهًا ربما يكون قد وقع أيضًا لكوكب زُحل. ويشير الباحثون إلى أن اختلاف الكتلة، والسرعة، وزاوية التصادم للجنينين الكوكبيين الدخيلين اللذين اصطدما بالكوكبين لعلها أسهمت كلها في الاختلافات البنيوية بين المشتري، وزُحل.

S. Liu *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1470-2

غازات فائقة البرودة

تصادمات بين جزيئاتٍ باردة

إن التصادمات بين الجزيئات الباردة ضرورية لدراسة المناحي الأساسية للكيمياء الكمّية، وربما تساعد على تكوين المادة الجزيئية الكمّية المتحللة عن طريق التبريد التبخيري. غير أن التصادمات بين الجزيئات المحتجَزة طبيعية المنشأ لم تُرصد بشكل مباشر حتى الآن، نظرًا إلى انخفاض معدلات التصادم في العينات المخففة.

في البحث المنشور، يشير الباحثون إلى رصد مباشرٍ لتصادمات بين جزيئات باردة محتجزة، دون الحاجة إلى استخدام التبريد بالليزر. وقد التقط الباحثون الأكسجين الجزيئي مغناطيسيًّا في مصيدة فائقة التوصيل، عمقها 800 مِلِّي كلفن، ووضعوا قيودًا على نسبة معدلات التبعثر المرنة إلى تلك غير المرنة. وهذه النسبة هي المُعامِل الرئيس الذي يحدد إمكانية حدوث التبريد التبخيري. احتجز الباحثون كذلك ذرات وجزيئات مع بعضها البعض، وتمكنوا من التعرف على طبيعة التصادمات فيما بينها، مما يمهد الطريق لدراسات عن التصادمات بين الأنواع الباردة في المصائد المغناطيسية.

Y. Segev *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1446-2

الشكل أعلاه | الإعداد التجريبي. تدخل الجزيئات الباردة المنبعثة من مصدر أسرع من الصوت إلى أنبوب تقليل السرعة (إلى اليسار). ويجري تقليل السرعة، دون حدوث تبادل حراري، باستخدام 480 مصيدة مغناطيسية مشتركة الحركة. تتألف هذه المصائد من أزواج غير متماثلة (بالأحمر، والأسود) من الملفات النابضة. تُحمل الجزيئات بين ملفين فائقي التوصيل، ومرتفعي درجة الحرارة، حيث يجري تعزيز تيارات مستمرة مرتفعة في غضون 0.5 مِلّي ثانية؛ لتكوين مصيدة ثابتة. وبعد مرور وقت الاحتجاز المطلوب، يجري فحص الكثافة في المصيدة باستخدام التأيين بالليزر، بالتزامن مع استخراج الأيونات إلى «صفيحة قنوات ميكروية» MCP بؤرة الليزر في المستوى العرضي استبانة مكانية للكثافة المحتجزة.

التطور الا جتماعي

معضِلات اجتماعية بين غير المتكافئين

يُعتبر مبدأ المعاملة المباشرة بالمِثْل آليةً فعّالة لتطوُّر التعاون، انطلاقًا من التفاعلات المتكررة. ويتطلب هذا المبدأ أن يكون الأفراد المتفاعلون على درجة كافية من التكافؤ، إلى حد يجعل كل فرد يواجه عواقب مماثِلة لما يواجهه الآخرون، عند التعاون، أو عند الإخلال بهذا التعاون، لكنّ عدم التكافؤ واسع الانتشار بين البشر، ويُعتبر - بشكل عام - مقوِّضًا للتعاوُن والرخاء. ومعظم النماذج السابقة التي وُضعت لمبدأ المعاملة بالمِثْل لا تتضمّن عنصر عدم التكافؤ. وتَفترِض هذه النماذج أن الأفراد متماثلون في كافة الجوانب ذات الصلة. أمّا في البحث المنشور، فيقدِّم الباحثون إطارًا عامًّا لدراسة المعاملة المباشرة بالمِثْل بين الأفراد غير المتكافئين. ويسمح النموذج الذي قدّمه الباحثون بوجود العديد من مَواطن عدم التكافؤ، حيث يمكن للأفراد أن يختلفوا من حيث الثروة التي يُوهبونها، وفي إنتاجيتهم، وكذلك في مدى استفادتهم من المنافع العامة. وقد وجد الباحثون أن انعدام التكافؤ الشديد يعوق التعاون، بيد أنه إذا اختلف الأفراد في إنتاجيّتهم، فقد يكون بعضٌ من عدم التكافؤ في الثروة ضروريًّا؛ لكي يسود التعاون. وفي تجربة سلوكية، أجراها الباحثون، نوّعوا فيها الثروات التي يوهبها الأفراد، وإنتاجيتهم، كانت النتائج تؤيد توقعات الباحثين الرياضية. لاحظ الباحثون أن حالة الرخاء العام تصل إلى أقصاها عند وجود توازٍ بين مصدري التبايُن بين الأفراد، بحيث يحصل الأفراد الأعلى إنتاجيةً على ثروات أعلى. وعلى النقيض من ذلك.. عندما لا تتوافق الثروات التي يحصل عليها الأفراد مع إنتاجيتهم، فإنه سرعان ما ينهار التعاون. وللنتائج التي توصل الباحثون إليها دلالات تفيد صانعي السياسات المعنيين بالإنصاف، والكفاءة، وتوفير المنافع العامة.

O. Hauser *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1488-5

دورة الكربون

تزايد حرائق الغابات يغيِّر توازن الكربون

تسبب حرائق الغابات الشمالية في انتشار كميات كبيرة من الكربون في الغلاف الجوي. ويَنتُج معظم هذه الكمية من احتراق المواد العضوية الموجودة في التربة. وفي أثناء كل حريق، يمكن لجزء من هذه التربة - موجود أسفل الطبقة المحترقة - أن يتفادى عملية الاحتراق، وهو ما يؤدي إلى تراكم كمية صافية من الكربون في الغابات، على مدار حرائق متعددة. وقد

أدّى احترار المناخ وجفافه إلى نشوب حرائق غابات أكثر شدةً، وأكثر تكرارًا، وهو ما يهدد بتحويل توازن الكربون في النظام البيئي الشمالي من تراكُم كميات صافية منه، إلى فقدان لهذه الكميات. وذلك التحول له تأثير مُعَزِّز للتغيرات المناخية. وسيظهر هذا التأثير إذا احترق كربون التربة العضوية الذي تفادى عملية الاحتراق أثناء الحرائق السابقة، والذي يُطلَق عليه مسمى «مخزون الكربون القديم».

ومن ثم، يَستخدِم الباحثون - في البحث المنشور - تقنية تأريخ التربة بالكربون المشع؛ لتقدير الكَمّ المفقود من «مخزون الكربون القديم» من جرّاء حرائق الغابات التي نشبت في عام 2014 في الأقاليم الشمالية الغربية من كندا. ولم يَعثر الباحثون على أي دليل على احتراق «مخزون الكربون القديم» في الغابات الشمالية التي كانت أقدم من الفترة الزمنية التاريخية لعودة الحرائق في هذه الغابات. أما «مخزون الكربون القديم»، الذي نجا من الاحتراق في دورة اندلاع الحرائق السابقة، والموجود في غابات ذات بيئة طبيعية جافة، بلغ عمرها أقل من 60 عامًا عند حدوث الحريق، فقد وجد الباحثون أن هذا المخزون قد احترق. ويقدِّر الباحثون أنه من المحتمل أن 0.34 مليون هكتار من الغابات اليافعة التي احترقت في حرائق عام 2014 قد شهدت احتراق «مخزون الكربون القديم». وهذا يدل ضمنيًّا على حدوث انتقال إلى نطاق من دورة الكربون، تصبح فيه هذه الغابات مصدرًا صافيًا لانبعاثات الكربون في الغلاف الجوي على مدار حرائق متتالية، بدلًا من كونها مستودعًا طبيعيًّا له. ومع استمرار تزايد حرائق الغابات الشمالية من حيث الحجم، ومعدلات الحدوث، والشدة، فمِن المحتمل أن تزداد مساحة الغابات اليافعة التي تشهد احتراق «مخزون الكربون القديم»، وأن تلعب دورًا رئيسًا في تغيير توازن الكربون في الغابات الشمالية.

X. Walker *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1474-y

فيزياء المواد المكثفة

التوصيل الفائق في أحد أكاسيد النيكل

حفَّز اكتشاف التوصيل الفائق غير التقليدي في مركّبات $(La, Ba)_2CuO_4$ الباحثين على دراسة المركّبات ذات البِنَى البلورية والإلكترونية المماثلة، بهدف اكتشاف موصلاتٍ فائقة أخرى، وفهْم أصول التوصيل الفائق في أكسيد النحاس. وتشمل أمثلة المواد ذات البِنَى المماثلة الموصلَ الفائق ضخم الكتلة Sr_2RuO_4، ومركّب Sr_2IrO_4 المُطعَّم سطحه بالإلكترونات، الذي تتسق أنماطه الطيفية مع الأنماط الطيفية للفجوات فائقة التوصيل، على الرغم من عدم رصد حالة مقاومة صفرية بعد.

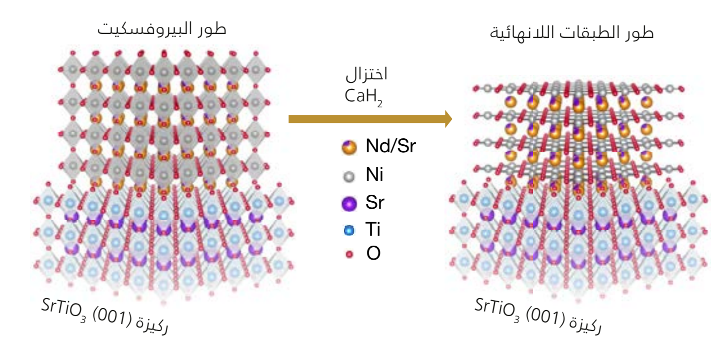
وقد أدى هذا النهج أيضًا إلى الدراسة النظرية لأكاسيد النيكل، فضلًا عن البِنَى المتغايرة المؤلَّفة من أغشية رقيقة، المصمَّمة لتوفير البيئة اللازمة لحدوث ظاهرة التوصيل الفائق. إحدى تلك البِنَى هي شبكة $LaAlO_3/LaNiO_3$ الفائقة، التي اقتُرحت مؤخرًا لتطوير بِنْيةٍ متغايرة من أكسيد نيكل، تم رصّ طبقاته بعملية صناعية، ويتسم بنطاق *dx2-y2* مشغول بإلكترونٍ واحد. وعُزِيَ – جزئيًّا على الأقل – ما رُصد من غيابٍ لظاهرة التوصيل الفائق في التجارب السابقة ذات الصلة إلى الاستقطاب غير المكتمل لمدارات *eg*.

وفي هذا البحث المنشور، كشف الباحثون رصد ظاهرة التوصيل الفائق في أكسيد نيكل غير متناهي الطبقات، ذي بِنْيةٍ مماثلة لأكاسيد النحاس غير متناهية الطبقات. وباستخدام تفاعل اختزال طوبوتكتيكي (أي تفاعل بين المواد الصلبة، تُحدِّد فيه اتجاهات البلورة الأصلية اتجاهات البلورات الناتجة) بطريقة الكيمياء البسيطة، خُلِّقَت أغشية رقيقة أحادية البلورة من مُركّبَي $NdNiO_2$، و$Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO_2$ عن طريق اختزال طور البيروفسكايت السليف. وبينما تزداد مقاومة مركّب $NdNiO_2$ عند درجات الحرارة المنخفضة، تشير قياسات المقاوَمة، وكثافة التيار الحرج، والاستجابة للمجال المغناطيسي في مركّب $Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO_2$ إلى أنَّ درجة حرارة الانتقال للتوصيل الفائق تقع بين حوالي 9، و15 كلفنًا.

ونظرًا إلى أنَّ هذا المركّب عضو في سلسلةٍ من البِنَى البلورية لأكاسيد النيكل المُختَزَلة الطبقية، فإنَّ هذه النتائج تشير إلى إمكانية تصنيع فئة من الموصّلات الفائقة من أكاسيد النيكل، مناظِرة لأكاسيد النحاس، والبنيكتيدات.

D.Li *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1496-5



الشكل أعلاه | تفاعل اختزال طوبوتكتيكي لأغشيةٍ رقيقة من أكسيد النيكل. في الصورة مخطط البِنَى البلورية لأغشيةٍ رقيقة من مركّب $Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO_3$ (إلى اليسار)، ومركّب $Nd_{0.8}Sr_{0.2}NiO_2$ (إلى اليمين) على ركيزة $SrTiO_3$ (001) أحادية البلورة منتهية بالأكسيد TiO_2. وعند الاختزال في درجة حرارة منخفضة، تخضع الأغشية لانتقالٍ طوبوتكتيكي من طور البيروفسكايت إلى طور الطبقات اللانهائية.

التعبير الجيني

فهم المراحل المبكرة مِن تكوُّن الجنين

تُعتبر عملية انغراس البويضة المخصبة في بطانة الرحم محطة مهمة في عملية تشكُّل الجنين لدى الثدييات. ويُعتبر فشل عملية الانغراس سببًا مهمًّا لحالات الإجهاض لدى الإنسان. ونظرًا إلى صعوبة الحصول على أجنة بشرية في مرحلة مبكرة بعد الانغراس داخل الجسم الحي، فإن طريقة تحكُّم شبكة تنظيم الجينات، والآليات فوق الجينية في عملية الانغراس تظل غير واضحة.

وقد نجح الباحثون - في البحث المنشور - في إجراء تحليل منهجي لأكثر من ثمانية آلاف خلية مفردة، مأخوذة من 65 جنينًا بشريًّا في مرحلة قريبة من عملية الانغراس، وذلك عن طريق الجمع بين نظام استنبات داخل المختبر، مهيأ لتطوير الأجنة البشرية بعد مرحلة الانغراس، وبين تقنيات تعيين تسلسل متعددة الـ«أوميات» للخلية المفردة. ويُظهِر إنقاص المتغيرات العشوائية غير الخاضع للإشراف، والخوارزميات التصنيفية لبيانات الترانسكربتوم طرق انغراس مرحلية لسلالات كل من الخلايا الأديمية الظاهرية، والخلايا الأديمية الباطنية الأولية، والخلايا الأديمية الظاهرية الغذائية، وهو ما يشير إلى حدوث عملية تمهيد مُحْكَمة لتأسيس الارتباط بين الأم وجنينها في أثناء عملية الانغراس على النحو الصحيح. وأظهرت الأجنة الأنثوية بدء عملية تعطيل عشوائي للكروموسوم X، استنادًا إلى تحليل للتعبير الخاص بالأليل الأبوي عن الجينات المرتبطة بالكروموسوم X في أثناء عملية الانغراس. ومن الجدير بالاعتبار أنه باستخدام تحليل ثلاثي الأوميات؛ لتعيين تسلسل الخلية المفردة، أثبت الباحثون أن إعادة إضافة مجموعة الميثيل إلى الجينوم في الخلايا المأخوذة من سلالة الخلايا الأديمية الباطنية الأولية كانت أبطأ بكثير، مقارنة بالعملية نفسها في سلالات الخلايا الأديمية الظاهرية، والخلايا الأديمية الظاهرية الغذائية خلال عملية الانغراس، وهو ما يشير إلى وجود علامات بيِّنة على حدوث عملية إعادة التأسيس في ميثيلوم الحمض النووي للخلايا الأديمية الظاهرة، والخلايا الأديمية الباطنية الأولية، على الرغم من أن السلالتين مأخوذتان من الكتلة الداخلية للخلية. وبوجه عام.. يقدّم عمل الباحثين نظرة متعمقة على الآليات الجزيئية المعقدة المنظمة لعملية انغراس البويضة المخصبة في بطانة الرحم في أثناء تكوُّن الأجنة البشرية، ويساعد على تعزيز الجهود المستقبلية، الرامية إلى فهْم المراحل المبكرة من تطور الجنين، وسبر أغوار الطب التناسلي.

F. Zhou *et al.*

doi:10.1038/s41586-019-1500-0

تمايز الخلايا الجذعية

أطلس لخلايا الكبد البشري

الكبد البشري عضوٌ له عديد من الوظائف الأساسية. ومعدَّلات الإصابة بأمراض الكبد آخذة في الارتفاع، والخيارات العلاجية محدودة. ومع ذلك.. يظل التركيب الخلوي للكبد غير مفهوم بوضوح.

في هذا البحث، وضع الباحثون تسلسل الحمض النووي الريبي للخلية المفردة لحوالي 10 آلاف خلية من أنسجة كبد طبيعية، مأخوذة من تسعة متبرعين؛ بغرض بناء أطلس لخلايا الكبد البشري. حدَّد الباحثون - من خلال التحليل - أنواعًا فرعية لم تكن معروفة سابقًا من الخلايا البِطانية، وخلايا كوبفر، والخلايا الكبدية، ذات توزيع على مستوى الترانسكربتوم في

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

بعضٍ من هذه المجموعات. وكشفوا أنَّ مجموعات خلايا $EPCAM^+$ تتسم بالتباين؛ إذ تضم مجموعات من الخلايا المنحازة لتكوين خلايا كبدية، والخلايا الظهارية للقنوات الصفراوية، بالإضافة إلى مجموعة من خلايا $TROP2^{int}$ السلفية، ذات الإمكانات الكبيرة لتكوين أنسجة كبدية شبه عضية، قادرة على التطور إلى نوعين من الخلايا. وكدليلٍ على جدوى الفكرة، استخدم الباحثون الأطلس الذي وضعوه للكشف عن التغيرات المظهرية التي تطرأ على خلايا سرطان الخلايا الكبدية، والخلايا الكبدية البشرية، والخلايا البِطانية الكبدية المزروعة في كبد فأر. وبهذا.. يوفر أطلس خلايا الكبد البشري الذي وضعه هؤلاء الباحثون موردًا فعالًا لإتاحة الكشف عن أنواع خلايا لم تكن معروفة سابقًا في الأكباد الطبيعية والمريضة.

N. Aizarani *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1373-2

جغرافيا حيوية

خريطة شاملة لتوزيع الديدان الخيطية

تُعتبر الكائنات الحية التي تعيش في التربة جزءًا أساسيًّا من المحيط الحيوي البري. فبالرغم من الدور المهم الذي تلعبه لأداء النظام البيئي لوظائفه، لا يتوفر حاليًّا إلا القليل من المخططات الكمية المُفصّلة مكانيًّا عن مجتمعات الكائنات النشطة التي تعيش تحت الأرض. وتُعتبر الديدان الخيطية - بوجه خاص - أكثر الحيوانات وفرة على وجه الأرض، إذ تحتل جميع المستويات الغذائية في شبكة التربة الغذائية.

ويستخدم الباحثون، في البحث المنشور، 6759 عيّنة مُسندة إلى مناطق جغرافية محددة؛ لفهم الآلية الميكانيكية لأنماط الانتشار العالمية للديدان الخيطية في التربة، وتكوين مجموعاتها النشطة. وتُظهِر الخرائط الناتجة أن هناك على مستوى العالم $4.4 \pm 0.64 \times 10^{20}$ دودة خيطية (بكتلة حيوية إجمالية تبلغ حوالي 0.3 جيجا طن) تتخذ من التربة السطحية موئلًا لها، حيث كانت معدلات انتشار هذه الديدان أعلى في المناطق شبه القطبية الشمالية (التي استأثرت بنسبة تبلغ 38% من إجمالي الديدان)، مقارنة بالمناطق المعتدلة التي بلغت نسبة الديدان بها 24%، أو المناطق الاستوائية التي تمثل نسبة قوامها 21% من الديدان. كما تتيح التباينات الإقليمية في هذه الاتجاهات العالمية نظرة متعمقة على الأنماط المحلية لخصوبة التربة، ووظائفها.

وتمثل هذه المخططات عالية الاستبانة الخطوات الأولى في الطريق نحو تمثيل العمليات البيئية للتربة في نماذج حيوية كيميائية جيولوجية عالمية، وستمكِّننا من التنبؤ بدورات العناصر في ظل السيناريوهات المناخية الحالية، والمستقبلية.

J. Hoogen *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1418-6

تغير المناخ

الانبعاثات المتوقعة تهدد هدف اتفاق المناخ

لا بد أن يقترب صافي انبعاثات ثاني أكسيد الكربون (CO_2) بشرية المنشأ من الصفر بحلول منتصف القرن الحالي (عام 2050)، من أجل تثبيت متوسط درجة الحرارة العالمية عند المستوى الذي تستهدفه الجهود الدولية، إلا أن التوسع المستمر في البِنْية التحتية لتوليد الطاقة من حرق الوقود الأحفوري يكفل بالفعل مستقبلًا "مضمونًا" مستمرًا من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون.

في هذا البحث، استخدم الباحثون مجموعات بيانات تفصيلية للبِنْية التحتية الحالية لطاقة الوقود الأحفوري في عام 2018؛ لتقدير الأنماط الإقليمية والقطاعية لاستمرار انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، وحساسية تلك الانبعاثات لأعمار التشغيل، والجداول الزمنية المفترضة، والقيمة الاقتصادية للبِنْية التحتية المرتبطة بها. ويقدِّر الباحثون أن البِنْية التحتية الحالية – إذا جرى تشغيلها بالمعدلات التاريخية السابقة نفسها – سوف تنتج مجتمعة حوالي 658 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون (ضمن نطاق يتراوح بين 226 إلى 1479 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون، وذلك يتوقف على أعمار التشغيل، ومعدلات الاستخدام المفترضة). ومن المتوقع أن يأتي أكثر من نصف هذه الانبعاثات من قطاع الكهرباء؛ إذ تمثِّل البِنْية التحتية في الصين، والولايات المتحدة الأمريكية، والدول الأعضاء في الاتحاد الأوروبي - البالغ عددها 28 دولة (EU28) - نِسَبًا قدرها حوالي 41%، و9%، و7% من الإجمالي، على التوالي. وإذا جرى بناء محطات الطاقة المقترحة (المخطط لها، أو المسموح ببنائها، أو التي تحت الإنشاء)، فإنها سوف تنتج انبعاثات إضافية، قدرها بالتقريب 188 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون (ضمن نطاق يتراوح بين 37، و427). وهكذا، فإن الانبعاثات المتوقعة من البِنْية التحتية الحالية والمقترحة لتوليد الطاقة (حوالي 846 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون) تمثل أكثر من ميزانية الكربون المتبقية بأكملها، كي يبقى متوسط الاحترار عند 1.5 درجة مئوية (C°) باحتمالية قدرها 50–66% (420–580 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون)، وربما تمثل ثلثي ميزانية الكربون المتبقية؛ كي يقتصر متوسط الاحترار على أقل من درجتين مئويتين (1170–1500 جيجا طن من ثاني أكسيد الكربون).

وتختلف تقديرات ميزانية الكربون المتبقية اختلافات دقيقة، وهي تعتمد على المناخ المستهدَف، وتوافر انبعاثات سلبية واسعة النطاق. ومع ذلك، تشير تقديرات الباحثين إلى أنه لا يمكن الموافقة على بناء بِنْية تحتية جديدة باعثة لثاني أكسيد الكربون إلا قليلًا، أو عدم بناء أي منها على الإطلاق. وتشير كذلك إلى أن البنية التحتية الحالية ربما تحتاج إلى الخروج من الخدمة مبكرًا (أو إلى تحديثها، وتزويدها بتقنيات احتجاز الكربون وتخزينه)؛ من أجل تحقيق الأهداف المناخية لاتفاقية باريس. وبالنظر إلى قيمة الأصول للطن الواحد من الانبعاثات المتوقعة، يقدِّر الباحثون أن أكثر حالات الخروج المبكر من الخدمة كفاءةً من حيث التكلفة ستكون في قطاعي الكهرباء والصناعة، وذلك إذا كانت البدائل غير الباعثة لثاني أكسيد الكربون متاحة، وميسورة التكلفة.

D. Tong *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1364-3

شبكات معقدة

سرّ ازدهار خطاب الكراهية على الإنترنت

رُبِطَ خطاب الكراهية والتطرف على الإنترنت بأحداثٍ واقعية مقيتة؛ منها الزيادة المفاجئة الحالية في جرائم الكراهية، والارتفاع المثير للقلق في حالات انتحار الشباب، الناجمة عن النقد اللاذع على وسائل التواصل الاجتماعي. رُبط ذلك الخطاب أيضًا بالتحريض على حوادث إطلاق النار الجماعي، مثل الهجوم الذي حدث خلال العام الحالي في كرايستشيرتش، وحوادث الطعن والتفجيرات، وتجنيد المتطرفين، بما في ذلك الإيقاع بالفتيات؛ والاتجار بهن جنسيًّا، كعرائس لمقاتلي التنظيمات المتطرفة. وعُزِيَ إلى ذلك الخطاب كذلك بعضُ التهديدات التي تلقّتها شخصياتٌ عامة، مثل الهجوم اللفظي الذي حدث هذا العام على أحد السياسيين المناهضين لانسحاب بريطانيا من الاتحاد الأوروبي، فضلًا عن مزيج من التهديدات المليئة بالضغينة (العنصرية، والمناهضة للمرأة، والمناهضة للمهاجرين) التي وُجهت إلى عضو أمريكي في الأسرة البريطانية المالكة؛ ومعاودة ظهور خطاب الكراهية المُعادي للغرب في المشهد العالمي الذي حدث بعد سقوط تنظيم داعش هذا العام، على إثر الدعم الذي حظي به كلٌّ من نجل أسامة بن لادن، وتنظيم القاعدة. وهكذا، يبدو أنَّ منصات التواصل الاجتماعي تخوض معركة خاسرة ضد خطاب الكراهية على الإنترنت. ولذا، فهي في حاجة ماسّة إلى رؤى جديدة.

في البحث المنشور، يوضح الباحثون أنَّ مفتاح فهْم السبب في استمرارية خطاب الكراهية الإلكتروني يكمن في ديناميكياته العالمية كشبكة مكونة من عددٍ كبير من الشبكات، إذ تشكِّل تكتلات الكراهية المترابطة «طرقًا سريعة تؤدي مباشرة إلى الكراهية» على مستوى العالم، تمتد عبر منصات التواصل الاجتماعية، بمساعدةٍ عدة آلياتٍ للتكيُّف الجماعي على الإنترنت، وتستخدم أحيانًا «وسائل غير نزيهة»، حتى بعد حظرها، بالإضافة إلى التنقُّل بين البلدان، والقارات، واللغات. يتنبأ النموذج الرياضي الذي وضعه الباحثون بأنَّ جهود مراقبة المحتوى ومكافحة الكراهية على منصةٍ مفردة (مثل: «فيسبوك») يمكن أن تزيد الأمور سوءًا، وسوف تسفر في نهاية المطاف عن «مستنقعات مظلمة» عالمية، تزدهر فيها الكراهية على الإنترنت. وقد لاحظ الباحثون أنَّ شبكات الكراهية الحالية تعيد تنظيم وإصلاح ذاتها سريعًا على مستوى الأفراد عندما تتعرض للهجوم، بطريقةٍ تحاكي تكوين الروابط التساهمية في الكيمياء. وهذا الفهم مكَّن الباحثين من اقتراح مصفوفة سياسات، يمكنها المساعدة في مكافحة الكراهية على الإنترنت، مصنَّفة حسب مستوى التفصيل المُفصَّل (أو المسموح به قانونًا) في إجراءات التدخُّل، وطبيعتها، من حيث كونها تعتمد على التدخُّل المباشر، في مقابل التدخُّل غير المباشر. ووضع الباحثون تقييماتٍ كميّة لتأثيرات كل تدخُّل. وتوفر مصفوفة السياسات هذه أيضًا أداةً لمواجهة مجموعةٍ أوسع من السلوكيات غير المشروعة على الإنترنت، مثل الاحتيال المالي.

N. Johnson *et al*.

doi:10.1038/s41586-019-1494-7

صندوق الأدوات

نصائح لدعم البرمجيات مفتوحة المصدر

إصدار برمجيات مفتوحة المصدر مصمَّمة في المختبر كثيرًا ما يُلقي بتلالٍ من الجهود غير المتوقعة على عاتق المطورين.



ILLUSTRATION BY THE PROJECT TWINS

آنا نووجرودزكي

في العاشر من إبريل، أعلن علماء الفيزياء الفلكية أنَّهم التقطوا أول صورة على الإطلاق لثقبٍ أسود. وكان هذا نبأً يبعث على البهجة، لكنَّ العناوين الإخبارية الرئيسة جميعها التي احتفت بحماس بذلك الإنجاز لم تذكر أنَّ الصورة كان من المستحيل التقاطها، لولا وجود برنامج مفتوح المصدر. كُوِّنَت الصورة باستخدام برنامج «ماتبلوتليب» Matplotlib، وهو بمثابة مكتبة تَستخدِم لغة البرمجة «بايثون» لتمثيل البيانات في رسومٍ بيانية، بالإضافة إلى استخدام مكوناتٍ أخرى من نظام بايثون البيئي مفتوح المصدر. وبعد خمسة أيام فحسب من التقاط الصورة، رفضت المؤسسة الأمريكية الوطنية للعلوم (NSF) مقترح منحة لدعم ذلك النظام، قائلةً إنَّ البرنامج لا يحقق التأثير الكافي.

تُعَد هذه مشكلةً شائعة؛ إذ يعترف الكثيرون بضرورة البرمجيات مفتوحة المصدر في مجال العلوم، لكن تمويلها غير مستدام. وفي الغالب لا تحظى تلك البرامج بالدعم، إلا حسب الحاجة. ويقدم هذا الدعم خريجون، أو باحثون في دراسات ما بعد الدكتوراة، مثقَلون بالكثير من الأعمال، وهو ما يمكن أن يؤدي إلى إنهاكهم تمامًا. وتقول آن كاربنتر، التي طوّر مختبرها أداة تحليل الصور «سيل بروفايلر» CellProfiler، المتخصصة في علم الأحياء الحاسوبي بمعهد برود، وهو مركز بحثي في مدينة كامبريدج بولاية ماساتشوستس الأمريكية، يتبع كلًّا من جامعة هارفارد، ومعهد ماساتشوستس: "هذا يشبه - إلى حدٍّ ما - الفرق بين امتلاكك تأمينًا صحيًّا، وامتلاكك حسابًا على منصة التمويل «جو فاند مي» حين تمرض جدتك، وتصطحبها إلى المستشفى. إنّ العيش على هذا النحو ليس لطيفًا".

في الغالب، يفتقر العلماء الذين يكتبون أكواد البرمجيات مفتوحة المصدر إلى أي تدريبٍ معتمَد في هندسة البرمجيات، بمعنى أنَّهم ربما لم يتعلموا الممارسات المثلى لتوثيق عملية كتابة الكود، واختباره. لكنَّ البرمجيات التي لا تحظى بالصيانة والدعم المطلوبَين يمكن أن تكون بمثابة مضيعة للوقت والجهد، وتعوق تكرار نتائج الأبحاث. وعن ذلك.. يقول آدم سيبل - وهو متخصص في علم الأحياء الحاسوبي في مختبر كولد سبرينج هاربور بنيويورك، وأحد القائمين على صيانة برنامج «فاست»PHAST، الذي يُستخدَم في عِلْم الجينومات المقارنة والتطورية - إنَّ علماء الأحياء الذين يستخدمون الأدوات الحاسوبية يقضون عادةً "ساعاتٍ طويلة" في محاولة تشغيل أكواد باحثين آخرين. ويضيف آدم سيبل قائلًا: "إنهم يحاولون البحث عنها، ولا يجدون موقعًا على الإنترنت لذلك، أو يكتشفون أنَّ الرابط لا يعمل، أو أنَّه لم تَعُد من الممكن ترجمة الكود، أو أنه يتعطل حينما يحاولون تطبيقه على بياناتهم".

غير أن هناك حِيَل يمكن أن تكون مفيدةً، ونماذج عمل يمكن محاكاتها.. فإذا كانت مجموعتك البحثية تخطط لإصدار برنامج مفتوح المصدر، يمكنك الاستعداد لجهود الدعم المطلوبة، والأسئلة التي ستُثار حين يبدأ آخرون في استخدام البرنامج. وليس هذا سهلًا، لكنَّ القيام بذلك يمكن أن يؤدي إلى الإشادة بالمطوِّرين، والاعتراف بصنيعهم،

◄ وتحسين الكفاءة في المجال، حسبما يوضح وولفجانج هوبر، وهو متخصص في علم الأحياء الحاسوبي بمختبر الأحياء الجزيئية الأوروبي في هايدلبرج بألمانيا. ويضيف هوبر قائلاً: "إنني أرى هذا ممتعًا".

أعدّ خطةً

بالنسبة إلى مطوِّري البرمجيات العلمية، لا يُعَد يوم إطلاق البرنامج نهاية العمل، بل يشكل في أحيان كثيرة بدايته، إذ يقول تيم هوبر، عالم البيانات في شركة «سيلانس» Cylance في مدينة رالي بولاية كارولاينا الشمالية الأمريكية، في حسابه على «تويتر» مازحًا: "حين تعطي إنسانًا سمكة، تكون قد أطعمته يومًا واحدًا. لكنْ اكتب له كود برنامج للصيد؛ وستعمل على صيانته طوال العمر". لهذا السبب.. عُيِّنت كاربنتر مهندس برمجيات بدوام كامل؛ ليتولى صيانة برنامج «سيل بروفايلر»، الذي يسجل حاليًّا حوالي 700 سؤالٍ و100 من بلاغات الأخطاء وطلبات الميزات في السنة، أو حوالي 15 سؤالًا في الأسبوع، لكنَّ معظم أعمال صيانة البرمجيات مفتوحة المصدر يقوم بها متطوعون، إذ يقول سيبل عن جهوده لتوفير الدعم الفني لبرنامج «فاست»: "كنتُ أفعل هذا بنفسي، بعد منتصف الليل تقريبًا".

واستعدادًا لما ستواجهه، من المفيد أن تكون لديك فكرة عمّا أنت مقْدِمٌ عليه. فبعض البرمجيات يحتاج دعمًا قصير الأجل فقط، في حين قد تُستَخدم برامج أخرى لعقود. وتقول نيللي ڤاروكو إنَّه في مجالها الذي تعمل به - وهو تعلُّم الآلة في علم الأحياء - سرعان ما تصبح البرمجيات عتيقة الطراز، وغير صالحة للاستخدام، لأنَّ حجم مجموعات البيانات يتغير بسرعةٍ شديدة. وڤاروكو أخصائية في علم الأحياء الحاسوبي بجامعة كاليفورنيا في مدينة بيركلي، وقد ساعدت في تطوير مكتبة «سيكيت ليرن» scikit-learn، وهي مكتبة لتعلُّم الآلة، تَستخدِم لغة «بايثون». وتقول: "حين بدأتُ في إعداد دراسة الدكتوراة، كل ما كنتُ أعمل عليه كانت تَسَعُه ذاكرة الوصول العشوائي، ولم أواجه أي مشكلة فيما يتعلق بحجم الذاكرة بتاتًا. لكنْ صارت الذاكرة الآن تشكل تحديًا كبيرًا". وتتوقع أنَّها ستكون بحاجة إلى صيانة أداتين، صمّمتهما لتحليل الحمض النووي وبِنَى الكروموسومات - أداتَيْ «آيسد» Iced، و«باستيس» Pastis - لخمس سنواتٍ فقط، قبل أن تصيرا عتيقتَي الطراز، وغير صالحتَين للاستخدام.

ومع هذا.. تضيف ڤاروكو قائلة إنّ تقادُم البرامج ليس سيئًا؛ فمِن المهارات المهمة معرفة متى يجب عليك التوقف عن دعم برنامج ما. وينصح وولفجانج هوبر في تلك المسألة قائلًا: "دع الأداةَ تموت حين تصل إلى نهاية صلاحيتها، أو ابحث لها عن راعٍ، حين يقرِّر القائم على صيانتها أن ينسحب".

وأيًّا كانت مدّة استخدام برنامجك، يرى أندرياس مولر - العالِم في مجال تعلُّم الآلة بجامعة كولومبيا في مدينة نيويورك - أنَّ الممارسات الجيدة في هندسة البرمجيات وتوثيقها ضروريان. وهذه الممارسات تشمل أنظمة التكامل المستمر (مثل «ترافيس سي آي» TravisCI)، والتحكم في النسخ («جيت» Git) واختبار الوحدات. ويوضح مولر قائلًا: "إنّ أنظمة التكامل المستمر تخبرك في كل مرة تغيِّر فيها الكود ما إذا كان لا يزال يعمل، أم أنَّك أفسَدْته"، ما دمتَ تكتب له الاختبارات الصحيحة ليعمل؛ أما نظام التحكم في النسخ، فهو نظام لتسجيل التغييرات في كود المصدر، بحيث يمكن العودة إلى أي إصدارٍ سابق، إذا لزم الأمر؛ أمّا اختبارات الوحدات، فتختبر كلَّ مكون في البرنامج؛ لضمان سلامته. ويضيف مولر قائلًا إنّ هذه التوليفة "ستوفر وقتك بنسبة 100%". وهناك مؤسسات معينة، مثل مؤسسة «سوفتوير كاربنتري» Software Carpentry التطوعية، ومعهد «إي ساينس» بجامعة واشنطن في مدينة سياتل، تستضيف معسكرات تدريب على تطوير البرمجيات، وتوفر دورات تعليمية على موقع «جيت هب» GitHub. كما يوفر «مركز إي ساينس الهولندي» Netherlands eScience Center في أمستردام دليلًا للممارَسات المثلى في تطوير البرمجيات، من خلال الرابط التالي: https://guide.esciencecenter.nl.

ولتسهيل صيانة البرمجيات مفتوحة المصدر، توصي ڤاروكو بالتركيز على سهولة قراءة الأكواد، بدلًا من الاهتمام بتصميم البرنامج، كي يحقق أفضل أداءٍ ممكن. وتقول عن ذلك: "أحاول دائمًا أن أجعل الكود قابلًا للقراءة، وأوثِّق كتابته جيدًا، وأختبره، حتى إذا ما حدث عطل ما؛ تمكّنتُ من إصلاحه سريعًا".

وهذا محتَّم الحدوث فيما يتعلق بالبرمجيات؛ حيث تقول ڤاروكو: "بمجرد أن يبدأ الناس في استخدام برنامجك، سيجدون أخطاءً". ويوصي هوبر بتلقِّي أسئلة المستخدمين عبر منتدًى عام، مثل «ستاك أوڤرفلو» Stack Overflow، حيث يمكن للمستخدمين تمييز سؤالهم من خلال اسم البرنامج. ويضيف قائلًا: "لا ترد على الرسائل الإلكترونية الخاصة، الواردة من المستخدمين؛ طلبًا للدعم"، إذ يوضح هوبر أنَّ المنتديات العامة توفر ثلاث مزايا: أولًا، تصل المنشورات عليها إلى عددٍ أكبر بكثير من المستخدِمين، مقارنةً بالرسائل الإلكترونية الفردية، وأنَّه "لكل شخص يكتب رسالةً إلكترونية، هناك - على الأرجح - 100 شخص يمنعهم الخجل من السؤال". ثانيًا، تشجع هذه المنتديات عادةً المستخدمين على طرح أسئلة أكثر تحديدًا واستنادًا إلى دراسة. ثالثًا، المنتديات العامة تُثْنِي المستخدِمين عن الاستراتيجية المُهدِرة للوقت، المتمثلة في التواصل بالبريد الإلكتروني مع العديد من القائمين على صيانة البرمجيات بصورةٍ منفصلة لطرح السؤال نفسه.

"بمجرد أن يبدأ الناس في استخدام برنامجك، سيجدون أخطاءً".

ويوصي هوبر أيضًا بإصدار برنامجك في مستودعات بعينها، مثل «شبكة الأرشيف الشامل للغة الآر» Comprehensive R Archive Network (CRAN)، أو «بيوكوندكتور» Bioconductor، وهو أرشيف جامع للبرمجيات البيولوجية المكتوبة بلغة «آر»، بدلًا من إصدارها على صفحتك الرئيسة الشخصية، أو موقع «جيت هب». فهذه المستودعات تتم إدارتها، وتوفر لمَن يرغبون في إصدار البرامج توجيهاتٍ خاصة بتقاليد التسمية، والعناصر المطلوبة للبرنامج، مثلما تفعل الدوريات العلمية تقريبًا. وبالإضافة إلى أنَّ مستودعَي «شبكة الأرشيف الشامل للغة الآر»، و«بيوكوندكتور» كليهما "يوفران إمكانية إجراء الاختبارات، واستخدام أنظمة التكامل المستمر على عديدٍ من المنصات، ويتضمنان أدوات تثبيت برامج قوية الكفاءة، وسهلة الاستخدام"، حسب قول هوبر.

مسألة تمويل

إنّ دعم البرمجيات يتطلب وقتًا ومالًا، لكنَّ الحصول على التمويل قد يكون صعبًا. ففي الولايات المتحدة مثلًا، تركز مؤسسة معاهد الصحة الوطنية الأمريكية (NIH)، والمؤسسة الأمريكية الوطنية للعلوم (NSF) على الأبحاث الجديدة. وفي الغالب، لا تفي صيانة البرمجيات مفتوحة المصدر بشروطها للتمويل. وتقول كاربنتر عن هذا: "هذه هي - في الحقيقة - مأساة وكالات التمويل بوجهٍ عام. فهي مستعدة لتمويل 50 مجموعة مختلفة؛ لتطوير 50 خوارزمية مختلفة، لكنَّها لن توافق على دفع أجر مهندس برمجيات واحد".

إنّ هذه المؤسسات وغيرها توفر أحيانًا بعض التمويل، إذ توثِّق سلسلة تغريدات على تويتر (انظر: go.nature. com/2yekao5) منحًا تُقدِّمها مؤسسات معينة، مثل: قسم البنية التحتية الحيوية في المؤسسة الأمريكية الوطنية للعلوم، والمعهد الوطني لأبحاث الجينوم البشري، والمعهد الوطني للسرطان، التابعَين لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية، وبرنامج مشترك بين المؤسسة الأمريكية الوطنية للعلوم، ومجلس أبحاث التكنولوجيا الحيوية والعلوم البيولوجية في المملكة المتحدة. وكذلك تُموِّل مؤسساتٌ أمريكية خاصة دعم البرمجيات مفتوحة المصدر، مثل مؤسسة «جوردون آند بيتي مور» Gordon and Betty Moore، ومؤسسة «ألفريد بي. سلون» Alfred P. Sloan، ومبادرة «تشان زوكربيرج» Chan Zuckerberg (CZI). وتقدِّم هذه الأخيرة دعمًا لبرنامج معالجة الصور «سيكيت إيميدج» scikit-image، المعتمِد على لغة «بايثون»، ومنَصّتَي «إيميدج جاي» ImageJ، و«فيجي» Fiji، وتموِّل أيضًا مهندس البرمجيات في فريق «كاربنتر».

وفي المملكة المتحدة، يقدم معهد استدامة البرمجيات في جامعة إدنبرة خدماتٍ مجانية وقصيرة عبر الإنترنت لتقييم استدامة البرمجيات، ويوفر زمالاتٍ بقيمة ثلاثة آلاف جنيه استرليني (3800 دولار أمريكي) للباحثين المقيمين في بريطانيا، أو المتعاونين معهم. ويتيح من حينٍ إلى آخر فرصًا للعمل مع خبرائه لمدة تصل إلى ستة أشهر؛ لإنتاج برمجياتٍ جديدة، أو تطوير برمجيات وممارسات صيانة قائمة بالفعل. وفي ألمانيا، يوصي وولفجانج هوبر بالاستفادة من مِنَح شبكة المفوضية الأوروبية، ومبادرة الشبكة الألمانية للبِنْية التحتية المعلوماتية الحيوية (يشار إليها اختصارًا باسم: deNBI) الخاصة بوزارة العلوم الألمانية، وكلاهما تمولان مستودع «بيوكوندكتور».

هذه المشكلة العامة المتعلقة بصيانة البِنَى التحتية الرقمية تكتسب المزيد من الاهتمام حاليًّا، إذ حصلت ڤاروكو وزملاؤها على 138 ألف دولار أمريكي من مؤسستَي «ألفريد بي. سلون»، و«فورد» Ford، لدراسة "الجهود الظاهرة وغير الظاهرة لصيانة البرمجيات مفتوحة المصدر"، وفقًا لتصريحها. وتتضمن الدراسة أيضًا الإنهاك الذي يتعرض له الباحثون الذين يكرسون وقتهم لهذا العمل، وهي جزء من مجموعة مشروعات تشمل 13 مشروعًا بحثيًّا عن البنية التحتية الرقمية، ممولة بما يعادل حوالي 1.3 مليون دولار أمريكي. وفي مايو من العام الجاري (2019)، أعلنت مبادرة «تشان زوكربيرج» عن ثلاثة طلبات عروض لتمويل برمجيات طبية حيوية مفتوحة المصدر، انطلق أولها في يونيو من العام نفسه. هذا.. بالإضافة إلى أنَّ سيبل كَتَب مقالًا نقديًّا - قيد الطباعة في دورية «جينوم بيولوجي» *Genome Biology* - عن تحديات تمويل جهود دعم البرمجيات مفتوحة المصدر.

إنّ التمويل مطلوب بالفعل، لأنَّ كتابة كود برنامج يَسْهُل للآخرين استخدامه؛ لمعالجة نطاقٍ واسع من البيانات، يتطلب جهدًا أكبر بكثير من كتابة كود برنامج تستخدمه أنت فقط. يقول وولفجانج هوبر: "الفرق بينهما لا يقل عن الفرق الواسع بين الورقة البحثية المنقحة التي تُنشر في دورية *Nature*، ومجموعة الشرائح التقديمية الأولية التي تُعرض في اجتماعٍ بالمختبر بجانب النتائج المستنبَطة منها"، لكنْ هناك فائدةٌ حقيقية للباحثين من ممارسة جهود الدعم هذه. فعلى سبيل المثال.. يردّ فريق سيبل أحيانًا على استفسارات المستخدمين بتوضيح أنَّهم يطبقون البرنامج على مجموعات بيانات غير مناسبة، وهذه سمة دقيقة يمكن للمتخصص في الأحياء التطورية ملاحظتها، لكنَّها قد تفوت على مهندس البرمجيات. ويعلّق وولفجانج هوبر على ذلك قائلًا: "هناك اصطلاح على أنه ينبغي للمؤسسات أن تستخدم منتجاتها في عملياتها الداخلية، فإذا استخدمتَ برنامجك في مشكلات فعلية، فستُدْرِك مواطن الضعف فيه، وماذا ينقصه. ووجود خبير في المجال العلمي، لكتابة كود البرنامج، يزيد عادةً من قيمته". ■

آنا نووجرودزكي كاتبة علمية تقيم في بوسطن بولاية ماساتشوستس.

مهن علمية

أفريقيا كيف يرى علماء أفريقيون الفرق بين البحث العلمي في وطنهم وخارجه **ص. 61**

أحداث نيتشر لمتابعة أهم الفاعليات العلمية، والندوات، والمؤتمرات، والورش: **nature.com/natureevents**



وظائف نيتشر لأحدث قوائم الوظائف والنصائح المهنية تابع: **nature.com/naturecareers**

OMAR OUCHAOU

تتطلع سلمى سيلا إمبابيه طالبة الدكتوراة في علم الفلك إلى دعم أبحاث الفلك، والارتقاء بها في السنغال.

أفريقيا

تحوُّل قارِّي

علماء أفريقيون يناقشون الآثار المترتبة على تطوير أبحاثهم في بلادهم، أو خارجها.

كريس وولستون

ينبغي لأيّ رؤيةٍ عالمية لمستقبَل العِلْم أن تشمل أفريقيا، التي يقطنها 1.3 مليار نسمة، ويوجد بها بعضٌ من أكثر الموارد المادية والفكرية وفرةً في العالم.

من هنا، أجرت دورية *Nature* حوارًا مع سبعة باحثين أفريقيين عن مهنهم العلمية، ورؤيتهم للعلم في القارة. وقد حضر بعضهم المؤتمر الافتتاحي للعلماء الأفريقيين الشباب في أوروبا، الذي انعقد في مدينة تولوز الفرنسية في يوليو عام 2018. ومن المقرر انعقاد أول مؤتمر من هذا النوع في أمريكا الشمالية أيضًا بمدينة مونتريال الكندية في مايو عام 2020.

وسواءٌ مكثوا في أوطانهم، أم انتقلوا خارجها من أجل العمل والدراسة، يؤمن هؤلاء الباحثون بأنَّ قارة أفريقيا لديها إمكانات هائلة، رغم التحديات التي تواجهها.

سلمى سيلا إمبابيه

من السنغال إلى النجوم

طالبة دكتوراة في علم الفلك بجامعة الشيخ أنتا ديوب في داكار

في عام 2017، أصبحتُ أول طالبة دكتوراة في علم الفلك في السنغال. أسرتني النجوم، واستحوذ مجال الفضاء على اهتمامي منذ أن كنتُ في مرحلة الدراسة الثانوية، لكنْ لم يخطر ببالي يومًا أن أسعى للحصول على درجة الدكتوراة، لأنَّني لم أعرف أحدًا أَقْدَم على مثل هذه المحاولة من الأساس، ثم التقيتُ باختصاصية الفيزياء الفلكية كاترين كولنبيرج - من الجامعة الكاثوليكية في مدينة لوفن البلجيكية - في أثناء زيارةٍ أجرتها إلى السنغال؛ لحضور تجمُّع دولي للفيزيائيين، فحفَّزتني لدراسة الفيزياء الفلكية، بل ودعَّمتني. وبرنامج الدكتوراة الذي أدرس به تأسس - في جزء منه - عبر مبادرة أفريقيا لعلوم الكواكب والفضاء. وهو مشروع على مستوى القارة، يهدف إلى الترويج لعلم الفلك، والأبحاث المرتبطة به.

وكثيرٌ من الطلاب في السنغال مهتمون بالعلوم، ◄

وعلم الفلك، لكنْ لا تتوفر لديهم تليسكوبات، أو حواسيب، أو لا تُتاح أمامهم فرص تعليمية لإشباع هذه الاهتمامات. ولا يُدرَّس علم الفلك من الأساس في المرحلة الجامعية، إلا على يد قلة من المحاضرين الزائرين، لكنَّ المشهد يتغير، ففي عام 2018، شاركت السنغال - في خطوةٍ تاريخية - في جهود استكشاف النظام الشمسي، إذ أرسلت وكالة الفضاء الأمريكية (ناسا) فريقًا من علماء الفلك، وعددًا من التليسكوبات إلى السنغال؛ للعمل مع علماء محليين، بهدف رصد كويكبٍ بعيد من حزام «كايبر» في أثناء مروره أمام أحد النجوم، حيث كانت السنغال في موقع مناسب تمامًا لرصد هذا «الكسوف النجمي»، إضافة إلى أنَّها دولة مستقرةٌ نسبيًّا، ذات سماءٍ مظلمة. وهذا الحدث أثار اهتمام كثيرٍ من الشباب بعلم الفلك.

ويجري حاليًّا العمل على إنشاء مرصد في العاصمة داكار، وهو ما يُعَد خطوة كبيرة إلى الأمام للسنغال. وأتطلع إلى أن أصبح جزءًا من مستقبَل عِلْم الفلك في بلادي. وأريد أن أساعد في تشكيل شبكة من الفلكيين المحليين والعالميين، يكون بمقدورهم تبادُل المعلومات، والتدريبات، ونشر المهارات. ونحن بحاجة إلى مستوى أفضل من التنظيم، والمزيد من التعاون مع دولٍ أفريقية أخرى، أو شركاء دوليين، حيث يمكننا تحقيق المزيد.

بانكيز داتوك

ادرسْ خارج البلاد، لتواجه التحديات المحلية

طالب دكتوراة في الهيدرولوجيا وعلم الجيوكيمياء الحيوية بجامعة بول ساباتييه في مدينة تولوز الفرنسية.

أَدْرُسُ مدخلات الكربون وغيرها من التأثيرات البشرية على حوض نهر الكونغو، ثاني أكبر أحواض العالم. فهو حوض مائي بالغ الأهمية للبشر في المنطقة، ويتضمن مجموعة متنوعة من الأحياء البرية، لكنَّه مهدَّد.. فرغم أنَّ الوعي البيئي العام بدأ ينتشر تدريجيًّا في أفريقيا، لا يزال الطريق طويلًا، إذ إن معايير مكافحة التلوث ما تزال منخفضة للغاية. وقد رأيتُ النفط وهو ينسكب مباشرةً في مياه الحوض، لكنَّنا لا نملك الأدوات لقياس تأثير هذا الانسكاب النفطي المتواصل.

نحن بحاجة إلى بياناتٍ هيدرولوجية، لبذل أي جهودٍ فيما يتعلق بتخطيط الموارد المائية، لكنَّنا نفتقر حتى إلى المعلومات عن أبسط التفاصيل، مثل تدفق المياه، ودرجات الحرارة. وليست لدينا حتى مقاييس لمناسيب المياه، وما إليها من عناصر البنية التحتية العلمية. ونظرًا إلى النزاعات والصراعات السياسية الدائرة عند حوض الكونغو، فإنَّ هذه البقعة تُعَد مكانًا خطرًا للباحثين. ومن ثم، اضطررتُ مؤخرًا – على سبيل المثال - إلى إلغاء رحلةٍ إلى النهر، بسبب خوف السُّلْطات في جمهورية الكونغو الديمقراطية على سلامتي.

ما زِلتُ أعود من آنٍ إلى آخَر إلى موطني الأصلي في نيجيريا، من أجل إلقاء المحاضرات في جامعة «أليكس إكويم الفيدرالية ندوفو-ألايك» بمدينة إكوو. ودائمًا ما يسألني الطلاب عمّا إذا كان ينبغي عليهم أن يبقوا في أفريقيا، أم أن يسعوا إلى السفر للدراسة خارج البلاد. وهذه النقطة موضع نقاش دائم بيننا؛ فأُخْبِرهم بأنَّ عليهم أن يسعوا إلى السفر إلى خارج البلاد، إذا كانوا يريدون أن يحوزوا الاحترام. فلدينا باحثون في أفريقيا ذوو إنجازات مذهلة، لكنْ لا تحظى جهودهم بالتقدير دائمًا.

وثمة قول مأثور أذكره، هو: "لا كرامة لنبي في وطنه". وربما تصبح أفريقيا في المستقبل وجهةً رائدة للباحثين من مختلف أرجاء العالم، لكنَّنا نحتاج في الوقت الحالي إلى بعض العلماء المستعدين للسفر خارج البلاد؛ من أجل تسخير ما توصل إليه العِلْم في أفريقيا لصالحها. وحتى إنْ غادر العلماء القارة، فسوف يبقون على اتصالٍ بها. وأيًّا كانت وجهتك، شرقًا، أم غربًا، أم شمالًا، أم جنوبًا، سيظل بلدك الأصلي هو الوطن.

إيفيلين جيتاو

كتلةٌ حرجة من العلماء الأفريقيين

مديرة قسم القدرات البحثية بمركز أبحاث السكان الأفريقيين والصحة في نيروبي.

في إطار عملي في المركز، أقضي وقتًا طويلًا في مساعدة الباحثين من جميع أنحاء القارة في الحصول على التمويل الذي يحتاجونه. ونستطلع - من منظور شامل - جميع المشكلات التي تؤثر على صحة السكان، ومن بينها: المشكلات المرتبطة بتغير المناخ، والصحة الإنجابية، وأنظمة الصرف الصحي، ونحاول تحديد أكثر المشكلات إلحاحًا، التي يمكِن أن يحقق تمويل أبحاثها أفضل النتائج.

وتُعَد مشكلة الصرف الصحي مثار قلق كبير. فقد وجدنا أنَّ المهندسين الذين يُدرَّبون اليوم ليست لديهم القدرة على تلبية احتياجات السكان الذين تتزايد أعدادهم. فعلى سبيل المثال.. لا تزال الجامعات تُدرِّس لهؤلاء المهندسين كيفية بناء أنظمة المجاري، والأنظمة الحديثة منها باهظة التكلفة. ويجب أن تبحث الدول عن بدائل لتلك الأنظمة، لكنْ من الصعب إيجاد مهندسين أفريقيين لديهم المستوى المناسب من المعرفة والتدريب.

ويُعَد الافتقار إلى العلماء من بين أكبر التحديات، فوفقًا لحساباتٍ تقريبية، تحتاج أفريقيا إلى تخريج حوالي 1000 من حملة الدكتوراة في العلوم لكل مليون نسمة كل عام؛ من أجل تلبية الاحتياجات الملحة للقارة. أمّا في الوقت الحالي، فيُقَدَّر عدد مَن يحوزون درجة الدكتوراة سنويًّا في كينيا بحوالي 300 شخص فقط، وهي دولة يبلغ تعداد سكانها 50 مليون نسمة تقريبًا. لذا.. نحن بحاجة إلى الاستمرار في تأهيل الكوادر العلمية، وتشجيع المزيد من الباحثين على البقاء في القارة.

ويجب أن نتأكد من أنَّ صناع السياسات مستعدون لاستخدام الأدلة العلمية في سَنِّ القوانين واتخاذ قرارات التمويل. وهم أيضًا بحاجة إلى الإقرار بأهمية البحث العلمي في أفريقيا. وبدلًا من السعي للحصول على المعلومات والخبرات من الخارج، يمكن أن تبدأ الحكومات في دعم الباحثين في القارة.

أتفهَّمُ الأسباب التي تدفع بعض الباحثين لمغادرة أفريقيا، لكنْ حتى نحقق تغييرًا فعليًّا على أرض الواقع، يجب أن تكون لدينا نسبة جيدة من الباحثين الذين يعملون في القارة. وقد تمكَّن العلماء الأفريقيون من إحراز تقدُّمٍ كبير في أماكن تحتاج بشدة إلى ذلك، وكانوا على قَدْر المهمة.

ريجينا مافانجا

لا يمكننا الاستسلام

عالمة المواد الحاسوبية بجامعة ليمبوبو في جنوب أفريقيا

نشأتُ في نجوانااليلا، إحدى القرى الريفية الواقعة في جنوب أفريقيا، حيث لم نكن نعلم شيئًا عن العمل في مجال العلوم. ومعظم الأطفال في القرية طمحوا إلى أن يكونوا معلمين، أو أطباء، أو شرطيين، لكنْ كانت لديهم الإمكانات اللازمة ليصبحوا علماء، فالبشر يملكون المواهب نفسها، لكنَّ البيئة والموارد هما ما تصنعان الفارق بيننا.

من وجهة نظري الشخصية، أعتقد بأنَّ الأفريقيين لا يبذلون دومًا الجهد الكافي للترويج للعلوم في قارّتهم. على سبيل المثال.. أتى باحثٌ من جامعة أكسفورد بالمملكة المتحدة، لدراسة مسألة تتعلق بالاختلافات بين الأفراد في الإشارات التي يستخدمونها لاستدعاء سيارات الأجرة في المناطق المختلفة. وربما لا يكون هذا من بين أكثر الموضوعات أهمية، لكنَّه

العثور على التمويل

أين يمكن للعلماء في أفريقيا البحث عن التمويل؟

تسعى وكالات التمويل في أفريقيا وخارجها إلى دعم الجيل القادم من الباحثين في القارة. وفيما يلي بعض أهم الموارد التي يمكن أن تساعد الباحثين الأفريقيين على الارتقاء بعملهم، والتقدم في مسيراتهم المهنية.

- يُموِّل مركز فوجارتي الدولي - التابع لمعاهد الصحة الوطنية الأمريكية - مشروعاتٍ في حوالي 20 دولة في أفريقيا جنوب الصحراء الكبرى. ويُخَصِّص حوالي نصف التمويل للأبحاث الخاصة بالأمراض المُعدية.
- الأكاديمية الأفريقية للعلوم هي منظمة تعمل على مستوى قارة أفريقيا، وتوفر زمالاتٍ ومنحًا لدعم العلوم، والتكنولوجيا، والابتكار. وتشمل مِنَحها بعض البرامج التي تستهدف - بوجه خاص - الباحثين الذين ما زالوا في مقتبل حياتهم المهنية.
- تُمَوِّل مبادرة «أينشتاين القادم» - التابعة للمعهد الأفريقي للعلوم الرياضية - مشروعاتٍ بحثية قصيرة الأجل في مجالاتٍ معينة، مثل: الرياضيات، والفيزياء، وتغيُر المناخ، بالإضافة إلى توفير برامج للدراسات العليا في مراكز التميز المنتشرة في أنحاء القارة.
- تُتاح مِنَح المجلس الأوروبي للبحوث للباحثين من جميع أنحاء العالم، ومنها أفريقيا. وفي اجتماعٍ عقدته الأكاديمية الأفريقية للعلوم في 20 مارس من العام الجاري، عبَّر رئيس المجلس جون-بيير بورجينيون عن أسفه، لأنّ عدد الطلبات المقدّمة من أفريقيا للحصول على المنح منخفض نسبيًّا.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية



INT. CENTRE FOR THEORETICAL PHYSICS

يتطلع ستيفان كينموي - اختصاصي الكيمياء الحاسوبية من الكاميرون - إلى توجيه اهتمام الشباب إلى العلوم.

جعلني أفكر وأقول لنفسي: "لماذا لم يُجرِ هذه الدراسة باحثٌ محلي؟". لا يمكننا أن نستعين بأطرافٍ خارجية في كل شيء.

أحد التحديات التي نواجهها يتمثل في صعوبة حصول الباحثين الشباب على التمويلات التي يحتاجونها لبدء أبحاثهم. والباحثون الكبار الذين يحصدون - في الأغلب - معظم المنح يتقدمون في العمر. وإذا لم نُعِدّ جيل الشباب، كي يحلّ محلهم، سنصبح في موقفٍ لا نُحسَد عليه. ولا يمكننا أن نكتفي بالوقوف مكتوفي الأيدي، والقول إنّ المنظومة غير فعالة. إننا نحتاج إلى الاستمرار في المحاولة، فعلى سبيل المثال.. لدينا الآن خطط تمويل تستهدف شباب الباحثين. وقد تَحَقَّق هذا، لأنَّ مسؤولي الحكومة وصناع السياسات فهموا الرسالة؛ واستجابوا لها.

وقد ندرك يومًا ما أنَّه باستطاعتنا أن نلحق بركب بقية العالم في التقدم، لكنَّ هذا سيستغرق وقتًا.

ستيفان كينموي
جيشٌ من أبطال العلوم

اختصاصي الكيمياء الحاسوبية بجامعة دويسبورج في مدينة إيسن الألمانية.

الناس في بلدي (الكاميرون) قادرون على تحقيق إنجازات علمية رائعة، لكنَّ العلماء يُعامَلون - في كثير من الأحيان - كما لو كانوا استثنائيين، أو فريدين من نوعهم، وأنا لا أحب ذلك. ولهذا.. أنشرُ مقاطع فيديو على موقع «يوتيوب» عن العلم، وأحُلُّ ضيفًا من آنٍ إلى آخر على قنوات التليفزيون الكاميروني، حيث أتحدث عن الأبحاث الرائعة التي تُجرَى هنا. وأودّ أن أُلهم الشباب، وأحفّزهم؛ ليدركوا أنَّهم بدورهم قادرون على تحقيق الإنجازات العلمية. وهدفي على المدى البعيد هو بناء جيشٍ من أبطال العلم؛ لا يتكون فقط من الباحثين، لكنْ يشمل أيضًا صحفيين، وممثلين، ورياضيين، يروِّجون للعلم حيثما أمكن.

المشكلة الرئيسة التي يواجهها الطلاب في الكاميرون هي أنَّهم لا يعرفون كيفية التقدم للالتحاق بالجامعات، أو بدء مشوار مهني في مجال العلوم. وهم لا يتحملون مسؤولية ذلك بمفردهم، ومَن سبقوهم لا يبذلون الجهد الكافي للتحدث معهم عن خبراتهم. إنني أحاول تغيير هذا الوضع عن طريق مشاركة قصتي.

كانت اللحظة الفارقة في مسيرتي المهنية عندما حظيتُ بفرصةٍ للتدرُّب لدى المركز الدولي للفيزياء النظرية (ICTP) في مدينة تريستي الإيطالية. عملتُ هناك بكدٍّ، وقُبِلت في برنامج الدكتوراة في معهد ماكس بلانك لأبحاث الحديد بمدينة دوسلدورف الألمانية. فإذا كنتَ ترغب في الانضمام إلى مؤسسةٍ علمية مرموقة، فينبغي عليك أن تعزز مؤهلاتك، وتكتسب ثقة تلك المؤسسة. والتدريب لدى المركز الدولي للفيزياء النظرية أو مبادرة «أينشتاين القادم» - وهو برنامج على مستوى القارة، يُديره المعهد الأفريقي للعلوم الرياضية - يمكن أن يساعدك في بدء مسيرتك المهنية (انظر: «العثور على المال»).

أعمل على موضوعاتٍ ترتبط ارتباطًا وثيقًا باحتياجات موطني الأصلي، فقَرْية فونجو-تونجو - وهي مسقط رأسي - تقع في منطقة غنية بالمعادن. ويشكو السكان المحليون من أنَّ أناسًا من دول غربية يُفسِدون الأرض بعمليات التعدين، لكنَّنا لا نعرف حتى كيفية تحقيق الاستفادة المثلى من مواردنا. وفي المركز الدولي للفيزياء النظرية، أجريتُ أبحاثًا محوسبة على المواد المكثفة، لأفهم أكثر خواص المعادن في بلادنا. وأعمل حاليًّا على إنتاج وقودٍ هيدروجيني من الماء باستخدام ضوء الشمس، الذي هو مورد وفير في البلدان المدارية.

وأودّ أن أعود في نهاية المطاف إلى وطني؛ لأُجْرِي أبحاثي هناك، لكنَّ المرافق ضعيفة التجهيز في الوقت الحالي، وليس بالإمكان تنفيذ مشروع محوسب مدته ثلاث سنوات في الكاميرون، إذ لا تتوفر كهرباء كافية يُعتمَد عليها. ونحن بحاجة إلى جيشٍ من أبطال العِلْم؛ للتحدث إلى الساسة، وإلا فلن نتقدم أبدًا.

فيرونيكا أوكيلو
العودة إلى كينيا

اختصاصية الكيمياء التحليلية بجامعة ماتشاكوس في كينيا.

تركتُ كينيا في عام 2008 للحصول على درجة الدكتوراة في جامعة بِنجامتون في نيويورك. كانت تجربة صعبة للغاية، إذ بقي في كينيا زوجي وولداي اللذان كانا يبلغان من العمر ثلاثة وخمسة أعوام، لكنَّ هذه التضحية كانت تستحق عناءها، فنحن نفتقر في كينيا إلى المختبرات، والمعدات، والتقنيات اللازمة. وكانت لديَّ صديقة سبقتني إلى جامعة بِنجامتون، وقد أخبرتني عن المشروعات التي كانت تُنفِّذها، والمعدات التي كانت تستخدمها؛ فقررتُ التقدم للالتحاق بهذه الجامعة. ولكي تتميز في مجالٍ معين، يجب عليك أن تملك الموارد؛ لتُجْرِي أبحاثًا دقيقة.

في البداية، لم أعتزم مواصلة مسيرتي المهنية في كينيا، لكنَّني كنتُ أعود إليها كل عام؛ لزيارة أسرتي. وعندما كنتُ أنظر حولي، كنت أرى الكثير من الأشياء التي أرغب في تغييرها إذا استطعتُ، لا سيما افتقار الناس إلى المعرفة الأساسية عن الكيماويات، إذ تُلقِي مؤسسات كثيرة في كينيا مخلّفاتها الكيميائية في مياه الصرف الصحي. وبما أنَّ تخصصي هو المعالجة البيئية، ارتأيت أنَّ بإمكاني أن أكون مؤثّرةً إذا قررتُ البقاء في وطني، حيث لا يمكنني أن أسهم فحسب في مكافحة التلوث، لكنَّني أستطيع أيضًا أن أنشر الوعي بين الناس بشأن التعامل مع المواد الكيميائية، وتخزينها بالطريقة المناسبة.

وتواجه أفريقيا الكثير من التحديات، لكنَّ الأفريقيين باستطاعتهم التغلب على معظمها، حيث إنّ وَعْيهم بطبيعة المشكلات أفضل بكثيرٍ من غيرهم ممن هم من خارج القارة. إنّ الحلول لا تحتاج دومًا إلى ابتكاراتٍ عالية التقنية، بل إننا بحاجة إلى تطبيقاتٍ بسيطة؛ للتعامل مع المشكلات المهمة بحق. وعلى سبيل المثال.. لدينا مشكلة تتعلق باحتواء المياه على كميةٍ كبيرة للغاية من الفلوريد الطبيعي. وربما تَمَكَّن عالِم أفريقي مِن أن يبتكر أداةً بسيطة تُزيل أيونات الفلوريد من الماء. إنّ هذا سيكون أكثر فائدة ونفعًا من الأبحاث بالغة التعقيد، التي لا تحل أي مشكلات.

إدوارد جوروا
البدء من الصفر

اختصاصي الفيزياء، ومؤسس برنامج علم الفلك بجامعة مِبارارا للعلوم والتكنولوجيا في أوغندا.

كان التحدي الأكبر الذي واجهْتُه عند إطلاق برنامج جديد في علم الفلك هو تعيين أعضاء هيئة التدريس. فقد اقتضت الضرورة أن يكون هؤلاء من بلدانٍ أخرى، لأن دراسة علم الفلك لم تكن متاحةً في السابق بأي جامعة أوغندية، بالإضافة إلى أنَّ افتقارنا إلى الموارد المالية جعل تعيين أعضاء هيئة التدريس صعبًا. في البداية، كنتُ الأستاذ الجامعي الوحيد، لكنَّني وجدتُ أساتذةً آخرين مستعدين لتدريس بعض المقررات. وبفضل هذه الجهود، تمنح الجامعة حاليًّا درجات البكالوريوس والدكتوراة في علم الفلك. والعثور على الطلاب الذين يرغبون في نَيْل تلك الدرجات العلمية كان سهلًا نسبيًّا.. فبعد أن يَعْلَم الطلاب بالفرص المتاحة، يتولد بداخلهم حافزٌ قوي.

كان حلمي أن أؤسس لتدريس علم الفلك في وطني أوغندا. وقد شرعَتْ حكومة أوغندا بالفعل في تبنِّي العِلْم والتكنولوجيا كوسيلةً لدفع التنمية الاقتصادية، بل إنَّ أوغندا اتخذت الخطوات الأولى نحو تأسيس برنامج فضاء. وسوف يكون لبرنامجنا الجامعي دورٌ أساسي في هذا المشروع. إنَّها حقبة جديدة للعِلْم في أوغندا، وأشعر بالفخر لكوني مشاركًا فيها. ■

أجرى المقابلات: كريس وولستون

حُرِّرت هذه المقابلات لمراعاة الطول والوضوح.

تُطبع المجلة بدعم من مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقنية

الباحثون عن الماء

فخ كارثي

كورت بانكو

كان الضوء ظاهرًا للعيان في أثناء الليل، حتى من على بُعْد ميل. ودَلّ وجوده على وجود الكهرباء، وهذا يعني أن شخصًا ما يقطن هناك، وأننا سنجد ماء يمكن شراؤه بالمقايضة. وبالتالي، ذهبنا لتحري الأمر. فقد غادرنا نيو شيكاجو قبل ثلاثة أيام، وقررنا أن نشد الرحال؛ بحثًا عن الإمدادات، ثم العودة، لكنْ في حقيقة الأمر، لم أكن أعتزم العودة. فقد دارت شائعة حول نقص المياه، وتقنين إمدادها، وهو ما سيسفر حتمًا عن شيوع حالة من الذعر، المدفوع بغريزة البقاء، ينذر على أثرها الوجه الراقي للمجتمع بأخلاقه وآدابه تمامًا.

أُقْسِم بأنني أتساءل أحيانًا عمّا إذا كانت الحضارة تستحق عناء الإنقاذ، أم لا، فإذا كنتِ امرأة، فسوف تنتظرين طويلًا حتى الرحيل، لتكتشفي أنهم لن يأذنوا لكِ به. وقد تعلمتُ هذا الدرس بالطريقة الصعبة في نيو بيتسبيرج، قبل أن ألتقي بليزي.

صاحت ليزي بحماس أعوامها التسعة، قائلة: "شينا! لقد وجدتُ بابًا!"، فتتبعت صوتها، وبالفعل، كانت هناك فتحة في جانب نتوء صخري، وكان اتساعها يسمح بدخول الرمال، والغبار. وتوهج بداخلها مصباح هالوجيني مُوَجَّه نحو السماء. لقد رغب أيٌّ ممن عاش هنا في أنْ يُعثَر عليه.

قُلت لليزي: "على رسلك يا فتاة"، إذ كانت صغيرة السن للغاية، لدرجة جعلتها لا تدرك خطورة العالم الحقيقية، وافتقرت لما اعتدنا أن نطلق عليه "حنكة أهل الشارع"، وذلك حينما كان للشوارع وجود، لكنها كانت فتاة تُعنَى بالآخرين، ولهذا.. صار قلبي معلقًا بها.

دخلنا فيما بدا وكأنه مخبأ لأشخاص أعدُّوا العتاد للبقاء. وقد رأيت هذه المخابئ من قبل، بعد أن انتهى المشردون من عَيْث الخراب بها؛ بحثًا عن الموارد، لكن هذا المخبأ بدا وكأنه لم يُمس، فناديت: "مرحبًا!، جئنا في سلام!" وأومأت لليزي لتغلق الفتحة خلفنا، وأنزلت قناعي من على وجهي.

كانت الرمال قد أخذت في التراكم في النفق المؤدي إلى المدخل، إذ من الواضح أن ذلك الباب ظل مفتوحًا لبضعة أيام، ورغم ذلك.. كانت رائحة الهواء نظيفة ومنعشة. إنّ هذا المكان ذو تهوية منضبطة. وقد اصطفت مصابيح فلورية على السقف، ارتعش ضوؤها، لكنها ظلت تشع ضوءًا جيدًا. ناديت مجددًا: "مرحبًا!"؛ فلم يُجِبْني أحد.

وصلنا إلى نهاية الممر، وشعرت كما لو أنني أدلف إلى بُعْد بديل. كانت هناك غرفة معيشة، وكأنها من منزل حقيقي! كان على أرضها بساط، وحَوَت تلفازًا مع أكوام من أقراص الفيديو الرقمية المدمجة (DVD)، ورفوفًا ضمت كتبًا، وألعابًا لوحية، وأريكة، وكرسيًّا للاسترخاء. كانت غرفة مثالية.. بل كادت أن تكون كذلك أكثر مما يجب، فأوحت بأنها فخّ، أو شيء من هذا القبيل.

ركضت ليزي فجأة نحو باب جانبي، وهي تقول: "أود أن أستطلع المكان!".

صحت قائلة: "ليزي، إياكِ أن..." لكنْ تلاشت كلماتي عندما وقعت عيني على حوض أسماك. حوض أسماك حقيقي. لقد قرأت عن هذه الأحواض في الكتب، لكنْ لم



ILLUSTRATION BY JACEY

يتسن لي رؤية أي منها في الواقع.

صاحت ليزي بعد ذلك: "توجد حديقة هنا"، "إنها ضخمة". وركضت مسرعة نحو غرفة أخرى.

أخذتُ أحدّق في حوض الأسماك، والماء الوفير بداخله. من المؤكد أنه حوى بضع عشرات الجالونات على الأقل، مع آلات لتنظيفه وتكوين الفقاقيع به. كما حوى صخورًا في أرضيته، وقليلًا من الزينة، لكنْ أين كانت الأسماك؟

صاحت ليزي: "لم أرَ قط سريرًا بهذا الحجم!". واستمرت في الركض في المكان.

انحنيتُ على أعلى الحوض؛ لأشتمّ ما إذا كانت مياهه مالحة، أم عذبة، وعندها وجدتُ الأسماك. كانت تطفو على سطح المياه.

صرخت ليزي بعد ذلك صرخة حادة.

هرعت نحو صوتها، وقبل أن أدرك ما الذي كان يحدث، طوقتني بذراعيها، ثم أدركت أننا كنا في حمام. وأجهشت ليزي بالبكاء.

قلت لها: "أنتِ في أمان". "لن أدَع أي شخص يؤذيك". ونظرتُ من فوق كتفها، فوجدتُ ما أفزعها. ومن ثم، همست في أذنها قائلة: "اذهبي إلى غرفة المعيشة". فتذمرت ليزي، لكنها فعلت ما قيل لها.

كان هناك حوض استحمام ضخم يحوي جثة لرجل عار، ربما في الخمسينات من عمره. وقد كان أميل إلى السمنة قليلًا. ولا شك أنه أضخم شخص رأيته منذ عقود، وقد زحف بعض الشيب على شعره الأسود.

تعذرت رؤية ملامح وجهه بوضوح؛ بسبب الثقب الذي خلّفته الرصاصة في منتصفه.

كانت البندقية لا تزال في يده. وبدا أنه لقى حتفه مؤخرًا، لكنني لا أعرف الكثير عن هذه الأمور، إذ لم تفح من الجثة رائحة كريهة. ومن المؤكد أنّ لديه منقيًا رائعًا للهواء.

وجدتُ ليزي جالسة على الأريكة وهي ترتعش. وسألتني: "لِمَ يفعل ذلك بنفسه؟".

أجبتها قائلة: "لا أعرف".

وأضفت: "أعتقد أنه كان وحيدًا".

تساءلت ليزي: "لماذا تعتقدين ذلك؟"

أجبتها: "لقد ترك الباب مفتوحًا؛ لعلّ شخصًا ما يجده"؛ فحدقت ليزي فيَّ بتبلُّد.

سألتها: "هل أنتِ على ما يرام؟"

أجابتني: "لا يراودني شعور جيد حيال هذا الأمر". "لنملأ أباريقنا، ونعود إلى ديارنا".

جلست بجوارها، وربّتُّ على ظهرها، وقلتُ: "لا يمكننا العودة إلى الديار".

تساءلت ليزي: "لِمَ لا؟"

أجبتها: "ديارنا لم تعد آمنة.. فلا يوجد بها ما يكفي من الماء".

قالت ليزي: "لذلك.. سنعود بالماء، وسنُعْلِم الناس بوجود هذا المكان، حتى يتمكنوا من إنقاذ ما تبقى منه، والاستفادة به".

تنهدت. وقُلت لها: "نعم". وأردفت: "نستطيع أن نفعل ذلك، بل هذا ما يتوجب علينا فعله"، فارتجفت ليزي تحت يدي. وانهمرت دموعها في خطوط اخترقت الاتساخ الذي غطى وجهها، فمسحت دمعة منها. وقلت لها: "لكنْ ماذا لو قررنا – ببساطة - البقاء؟"

نظرت إليَّ، وكأنها لم تفهم ما قلته.

قلت: "ما رأيك؟". وأضفت: "لن يكون هذا تصرفًا جنونيًّا إلى هذا الحد.. فهناك الكثير من الطعام والماء، وسنكون في أمان. وأنتِ ستكونين في أمان".

نظرت ليزي إلى الباب المؤدي إلى الحمام، وقالت: "في أمان!، كما كان هذا الرجل؟"

أجبتها: "هذا أمر مختلف".

قالت ليزي: "في الواقع لا. الموت هو الموت".

قلت لها: "أنا أعتني بك. وقد قطعنا وعدًا بأنْ يعتني كلٌّ منا بالآخَر".

ردت ليزي: "أعرف. كما قطعنا الوعد نفسه لجميع مَن في ديارنا".

قلت: "لكنّ هذا وضْع مختلف".

أومأت ليزي برأسها، ثم نظرت إلى الحمام، وإلى الرجل الميت به، وقالت: "لا شك أنه اعتقد ذلك أيضًا".

شرعت في الاعتراض، بل بالأحرى هممتُ بذلك. كان هذا المكان رائعًا، لكنه كان فخًّا. فقد بناه رجل ما، معتقِدًا أنه لم يكن بحاجة إلى مساعدة أي أحد، وأصبح الآن في عداد الموتى. والأشخاص مثله هُم مَن جلبوا الخراب على العالم في المقام الأول. إذَن، ربما إذا اعتنينا ببعضنا بعضًا، وأعني بذلك أن نعتني جميعًا ببعضنا بعضًا، فستكون هذه هي الطريقة التي سننقذ بها العالم.

بدأتُ أملأ أباريق الماء؛ استعدادًا لرحلة العودة إلى الديار. ■

كورت بانكو يعيش مع عائلته في مدينة سانت لويس بولاية ميسوري. وهو يهوى الألعاب اللوحية، والنكات البسيطة التي يلقيها الآباء، وقصص السفر عبر الزمن. وهو ينشر «تغريداته» على: kurtpankau@، ومدوناته على: kurtpankau.com

NATURE.COM

تابع المستقبليات:

@NatureFutures

go.nature.com/mtoodm

مدينة الملك عبدالعزيز
للعلوم والتقنية KACST

استثمار البحث في الصناعة



www.kacst.edu.sa